



**DISERTASI - MT 093350**

# **STUDI PERUBAHAN IKLIM DAN KERUSAKAN SUMBERDAYA PESISIR DI KABUPATEN TUBAN**

**MARITA IKA JOESIDAWATI**

**NRP : 4110301002**

**Promotor:**

**SUNTOYO, ST., M.Eng., PhD**

**Co-Promotor:**

**1. Ir. WAHYUDI, M.Sc., PhD**

**2. KRIYO SAMBODHO, ST., M.Eng., PhD**

**PROGRAM DOKTOR**

**BIDANG KEAHLIAN TEKNIK KELAUTAN**

**PROGRAM STUDI PASCA SARJANA TEKNOLOGI KELAUTAN**

**FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI**  
**STUDI PERUBAHAN IKLIM DAN KERUSAKAN SUMBERDAYA**  
**PESISIR DI KABUPATEN TUBAN**

Disertasi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

**DOKTOR (Dr.)**

Di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Oleh

**Marita Ika Joesidawati**  
**NRP: 4110301002**

Tanggal Ujian : 29 Desember 2016  
Periode Wisuda : Maret 2017

**Disetujui oleh Tim Penguji Disertasi**

1. Suntoyo, ST., M.Eng., PhD (Promotor)  
NIP. 19710723.199512.1.001
2. Ir. Wahyudi, M.Sc., PhD (Co-Promotor)  
NIP. 19601214.198903.1.001
3. Kriyo Sambodho, ST., M.Eng., PhD (Co-Promotor)  
NIP. 19740127.199903.1.002
4. Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, PhD (Penguji)  
NIP. 19610805.198910.1.001
5. Dr. Eng. Muhammad Zikra, ST, M.Sc. (Penguji)  
NIP. 19770225.200212.1.002
6. Dr. Eng. Purwanto Bakti Santoso, ST, MT (Penguji)  
NIP. 19800215.200212.1.003

  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....  
  
.....

  
a.n. Direktur Program Pascasarjana  
Asisten Direktur  
**Prof. Dr. Ir. Tri Widjaja M.Eng.**  
NIP. 19611021.198603.1.001

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dampak perubahan iklim yang dikaitkan dengan kerusakan sumberdaya pesisir dengan cara menentukan skenario iklim yang sesuai dengan wilayah lokal dalam hal ini Tuban, yang kemudian dilanjutkan dengan memodel perubahan garis pantai sebagai dampak *sea level rise*, sekaligus menghitung kerugian ekonomi yang ditimbulkan dari dampak tersebut, dilanjutkan dengan melakukan penilaian kerentanan pesisir Tuban dengan menggunakan modifikasi parameter indeks kerentanan pesisir sehingga dapat menentukan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang sesuai wilayah.

Kondisi perubahan iklim di Indonesia merupakan suatu topik yang terlalu luas dan perlu dilakukan pengkajian dalam berbagai bidang, sehingga tinjauan komprehensif mengenai dampak perubahan iklim di Indonesia membutuhkan suatu studi ilmiah khusus. Dalam kenyataannya dampak perubahan iklim global sudah dapat dirasakan di Indonesia seperti cuaca yang makin tidak menentu dan makin ekstrem. Permasalahan dampak perubahan iklim ini juga terjadi yang di Kabupaten Tuban yang merupakan wilayah yang stabil secara tektonik bukan merupakan wilayah pesisir yang mengalami penurunan tanah, namun fenomena banjir laut tetap terjadi. Isu permasalahan lokal ini dapat mengancam keberlanjutan wilayah tersebut dan dapat menyebabkan resiko kerusakan yang cukup besar, apabila tidak dilakukan tindakan penanganan yang tepat untuk mencegah bencana yang tidak dapat diprediksi.

Skenario Iklim yang dipilih adalah Skenario Kebijakan: B2-AIM dan A2-AIM, Skenario referensi: menggunakan stabilitas konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk A2 dan B2 yaitu 550 ppm (WRE550) dengan Model Iklim AIM (*Asian-Pacific Integrated Model*). Prediksi SLR yang terjadi pada tahun 2050 sebesar 1.44 m dan tahun 2100 sebesar 2.61 m. Model prediksi perubahan garis pantai menggunakan Model Hennecke sebagai dasar perhitungan kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir akibat SLR dengan rata-rata kemunduran garis pantai pada tahun 2050 sepanjang 88.22 m dan 2100 sepanjang 191,01 m dengan kerugian ekonomi sumberdaya pesisir mangrove sebesar Rp. 71.590.878.450,- pada tahun 2050 dengan luas lahan mangrove yang hilang 110.993,61 m<sup>2</sup> dan pada tahun 2100 sebesar 206.665.940.000,- dengan luas lahan yang hilang 138.238,09 m<sup>2</sup>. Kerugian lahan tambak sebesar Rp. 28.842.682.100,- di tahun 2050 dengan luas tambak yang hilang 1.893.524.60 m<sup>2</sup> dan 2100 sebesar Rp. 114.551.625.000,- dengan luas tambak yang hilang 2.506.553,819 m<sup>2</sup>. Kerugian sumberdaya pesisir pasir laut dalam hitungan lahan terbangun (TPI, Daerah Industri Perikanan dan PPI Nasional) menunjukkan sebesar 176.598,- sd. 244.114,- (juta rupiah) pada tahun 2050 dan tahun 2100 sebesar 450.269,- s.d. 596.967,- (juta rupiah) Berdasarkan nilai Indeks kerentanan pesisir rata-rata pesisir Tuban pada tingkat rentan-sangat rentan terhadap dampak SLR, sehingga strategi adaptasi yang dipilih untuk dapat memberi solusi perlindungan pantai dari dampak SLR yang berkelanjutan secara ekologis dan finansial adalah adaptasi dapat dikerjakan sendiri oleh masyarakat yaitu menambah tanah pada pantai yang rendah dan melakukan perlindungan lahan kritis, sedang perlindungan yang lainnya yaitu melalui restorasi ekosistem dan konservasi lahan rendah perlu adanya pelatihan atau transfer teknologi

*Kata Kunci : Perubahan Iklim, SLR, CVI, Kerugian Ekonomi*

## ABSTRACT

This study aims to analyze the impact of climate change associated with damage to coastal resources by determining the climate scenarios according to the local area in this case Tuban, which is then followed by the model the coastline changes as a result of sea level rise and calculate the economic losses arising from the impact of the stretcher, followed by assessing the vulnerability of the coastal of Tuban using a modified parameter coastal vulnerability index so as to determine adaptation strategies to climate change according to region

Conditions of climate change in Indonesia is a topic that is too broad and needs to be carried out assessments in various areas, so that a comprehensive review of the impact of climate change in Indonesia requires a special scientific study. In fact, the impact of global climate change can already be felt in Indonesia as the weather is becoming erratic and more extreme. The problem of climate change impacts is also the case that in Tuban which is a tectonically stable region is not an area of coastal land has decreased, but the phenomenon of sea flooding still occurs. The issue of local problems could threaten the sustainability of the region and can cause considerable damage risk, if no remedial action to prevent disasters that can not be predicted.

Climate scenario chosen was scenario policy: A2-AIM and B2-AIM, the reference scenario: using the stability of CO<sub>2</sub> concentrations for the A2 and B2 is 550 ppm (WRE550) with AIM Climate Model (Asian-Pacific Integrated Model). Prediction sea level rise that occurred in 2050 at 1:44 am and in 2100 amounted to 2.61 m. Model predictions of shoreline change using Hennecke models as the basis for calculating the economic loss to the coastal resources as a result of sea level rise by an average retreat shoreline change in 2050 and 2100 along the 88.22 m 191.01 m with an economic loss of coastal mangrove resources amount IDR 71,590 Million of 11 ha mangrove in 2050 and in 2100 amount IDR 206 665 Million with an area of 13,8,ha lost. The pond lose IDR 28,842 Million, - in 2050 with an area of ponds lost 189,3 ha and 2100 amounting to IDR 114.551 Million - with an area of 250,6 ha lost. Losses of coastal resources of sea sand in a matter of undeveloped land (TPI, the regional fishery Industry and the national PPI) showed amounted IDR 176 598, - sd. 244 114,- Million in 2050 and 2100 amounted 450 269, - s.d. 596 967,- Million. Based on the value index coastal vulnerability average coastal Tuban at the level of vulnerable, very vulnerable to the impacts of SLR, so the adaptation strategies that have been selected to provide a resolution of coastal protection from the impact of SLR ecologically sustainable and financially is the adaptation can be done alone by the community by adding the land the low-lying coastal and protecting critical land, while the other is through the protection and conservation of land restoration ecosystem lower the need for training and transfer technology

Keywords: Climate Change, SLR, CVI, Economic Value Losses



## KATA PENGANTAR

*Bismillahirrahmanirrahim.*

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas karunia rahmat dan hidayahNya sehingga penyusunan disertasi dengan judul: **“Studi Perubahan Iklim dan Kerusakan Sumberdaya Pesisir di Kabupaten Tuban”** dapat diselesaikan dengan baik sebagai persyaratan akademik pada Program Doktor Bidang Keahlian Teknik Manajemen Pantai Program Pascasarjana Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya.

Disertasi ini merupakan rangkaian penelitian dengan menganalisa dampak perubahan iklim yang dikaitkan dengan kerusakan sumberdaya pesisir dengan cara menentukan skenario iklim yang sesuai dengan wilayah lokal dalam hal ini Tuban, yang kemudian dilanjutkan dengan mengembangkan model perubahan garis pantai sebagai dampak *sea level rise* (SLR) sekaligus menghitung kerugian ekonomi yang ditimbulkan dari dampak tersebut, sehingga dapat menentukan model strategi adaptasi terhadap perubahan iklim.

Dalam proses penyusunan disertasi ini, penulis memperoleh masukan dan sumbangsih pemikiran dari berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih sebesar besarnya kepada:

1. Bapak Suntoyo, ST, M.Eng,Ph.D selaku dosen wali dan promotor, dan Bapak Ir Wahyudi, M.Sc.,PhD dan Bapak Kriyo Sambodho, ST, M.Eng, Ph.D sebagai ko-promotor, atas dedikasinya dalam membimbing, mengarahkan, dan memberi dukungan moril kepada penulis;
2. Bapak Drs. Mahmud Musta'in, M.Sc, Ph.D dan Bapak Dr. Eng Muhammad Zikra, ST, MSc. selaku penguji internal, serta Bapak Purwanto Bektis Santoso., ST, MT, Ph.D selaku penguji eksternal atas saran dan masukan untuk penyempurnaan disertasi ini;

Akhir kata penulis berharap semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan khususnya di bidang teknik manajemen pantai

Surabaya, Desember 2016

**Penulis**

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	v
Abstract .....	vii
Kata pengantar .....	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Tabel .....	xix
 BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	8
1.5 Ruang Lingkup Penelitian .....	9
1.5.1 Ruang Lingkup Substansial .....	9
1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah.....	10
1.6 Originalitas .....	11
1.7 Keutamaan Penelitian .....	11
1.8 Kerangka Pikir Penelitian.....	15
1.9 Sistematika Penulisan .....	18
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	21
2.1 <i>State of The Art</i> Penelitian .....	21
2.1.1 Penentuan skenario iklim (skenario emisi dan model iklim global) yang sesuai dengan lokasi penelitian dengan menggunakan software MAGICC/SCENGEN 5.3 .....	21
2.1.2 Memodelkan perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak SLR sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir lokasi Penelitian.....	24
2.1.3 Mengembangkan model kerusakan sumberdaya pesisir sebagai pendukung analisis fisik dan sosial ekonomi dari <i>sea level rise</i> .....	27
2.1.4 Menentukan model strategi adaptasi sebagai dasar analisis opsi kebijakan pengelolaan penggunaan lahan pesisir sehingga didapatkan penataan pemanfaatan lahan yang lestari .....	28
2.2 Latar Belakang Teoritis .....	28
2.2.1 Fenomena Perubahan Iklim .....	28
2.2.2 MAGICC/SCENGEN 5.3.....	33
2.2.3 Skenario Iklim .....	36
2.2.3.1 Skenario Emisi .....	37
2.2.3.2 Skenario Kebijakan .....	39

2.2.4	Pasang Surut .....	40
2.2.5	Kenaikan Muka Laut ( <i>Sea Level Rise/SLR</i> ) .....	43
2.2.6	Metode <i>Least Square</i> .....	44
2.2.7	Perubahan Garis Pantai Akibat SLR .....	49
2.2.7.1	Metode Bruun (1988) .....	49
2.2.7.2	Metode Hennecke (2004) .....	50
2.2.8	Indeks Kerentanan Wilayah Pesisir .....	52
2.2.9	Perhitungan Ekonomi .....	53
2.2.9.1	Sumberdaya Pesisir .....	56
2.2.10	Strategi Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim .....	56
2.2.10.1	Strategi Adaptasi Masyarakat .....	60
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN .....	61
3.1	Lokasi penelitian .....	61
3.2	Metodologi .....	62
3.2.1	Tahapan Pengumpulan Data .....	62
3.2.2	Tahapan Pengolahan Data .....	64
3.2.3	Tahapan Analisis .....	64
3.3	Langkah-langkah Penelitian .....	65
3.3.1	Studi Area untuk memperoleh Memperoleh Gambaran Permasalahan Sumberdaya Pesisir Kabupaten Tuban .....	65
3.3.2	Menentukan Skenario Iklim dan Model Iklim yang Sesuai dengan Wilayah Tuban .....	68
3.3.3	Memodelkan perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak <i>sea level rise</i> sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir Tuban .....	68.
3.3.4	Mengembangkan model kerusakan kerusakan pesisir .....	75
3.3.5	Perhitungan Kerugian Ekonomi terhadap dampak kenaikan permukaan air laut .....	81
3.3.6	Menentukan strategi Adaptasi sebagai dasar analisis opsi kebijakan pengelolaan penggunaan lahan pesisir sehingga didapatkan penataan pemanfaatan lahan yang lestari .....	87
BAB IV	GAMBARAN PERMASALAHAN	
	SUMBERDAYA PESISIR KABUPATEN TUBAN .....	89
4.1	Kondisi Kabupaten Tuban sebagai Kota Pesisir .....	89
4.2	Kondisi Pantai .....	90
4.3	Kondisi Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir .....	95
4.4	Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Pesisir .....	96
4.4.1	Aktivitas Permukiman .....	96
4.4.2	Aktivitas Perekonomian di Sektor Perikanan dan Kelautan .....	97
4.5	Permasalahan Pesisir Kabupaten Tuban .....	100
4.5.1	Permasalahan Lokal di Pesisir Kabupaten Tuban .....	102
4.5.2	Kondisi Wilayah Pesisir Kabupaten	

Tuban Akibat Perubahan Iklim .....	111
4.5.2.1 Pola Curah Hujan.....	111
4.5.2.2 Tren Suhu Udara.....	113
4,5,2,3 Tren Suhu Air Laut.....	114
4,5.2.4 Banjir dan Rob .....	115
4.5.2.5 Adanya Perubahan Garis Pantai .....	116
<b>BAB V KENAIKAN MUKA AIR LAUT AKIBAT PERUBAHAN IKLIM</b>	117
5.1 Penentuan Skenario Iklim (Skenario Kebijakan dan Skenario Referensi).....	117
5.1.1 Penentuan Skenario Emisi .....	118
5.1.1.1 Analisa Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Tuban.....	118
5.1.1.2 Hubungan Pertumbuhan ekonomi dengan Skenario Emisi .....	120
5.1.1.3 Analisa Penanganan Lingkungan Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban .....	121
5.1.1.4 Hubungan Penanganan Lingkungan Lokal dengan Skenario Emisii .....	122
5.1.1.5 Analisa Data Suhu Udara dan Prediksi Suhu .....	122
5.1.1.6 Hubungan Kenaikan Suhu Udara dengan Skenario Emisi .....	124
5.1.2 Penentuan Skenario Referensi.....	124
5.1.2.1 Tren Emisi per Sektoral di Kabupaten Tuban .....	124
5.1.2.2 Tren Emisi per Jenis Gas.....	126
5.1.2.3 Hubungan Besarnya Emisi dengn Skenario Referensi yang terpilih .....	127
5.2 Penentuan Model Iklim yang dikembangkan SRES .....	128
5.3 Prediksi Kenaikan Muka Air Laut Dengan MAGICC .....	129
5.4 Trendline MSL Tuban .....	131
5.5 Validasi Hasil .....	133
<b>BAB VI PERUBAHAN GARIS PANTAI</b>	
AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT.....	137
6.1 Analisa Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan <i>Digital Shoreline Analysis System (DSAS)</i> .....	137
6.2 Perubahan Garis Pantai Akibat Sea Level Rise.....	146
6.2.1 Analisa Perubahan Garis Pantai Metode Bruun Rule.....	149
6.2.2 Analisa Perubahan Garis Pantai Metode Hennecke.....	149
6.2.3 Validasi Model .....	150
<b>BAB VII PREDIKSI KERUGIAN EKONOMI TERHADAP DAMPAK KENAIKAN MUKA IAR LAUT</b>	153
7.1 Peta Dampak SLR.....	153
7.1.1 Peta Dampak Kemunduran Garis Pantai akibat SLR.....	153
7.1.2Peta Dampak Genangan akibat SLR.....	155
7.2 Acuan Nilai PDB per unit luas tanah dan Nilai Tanah .....	157
7.3 Prediksi Kerugian Ekonomi .....	160

7.3.1 Terhadap seluruh Aset Wilayah Pesisir.....	160
7.3.2 Terhadap Sumberdaya Pesisir .....	160
<b>BAB VIII ANALISA KERENTANAN PESISIR</b>	
AKIBAT PERUBAHAN IKLIM .....	169
8.1 Analisis Parameter Fisik Indeks Kerentanan Pesisir.....	169
8.1.1 Geomorfologi Pantai.....	170
8.1.2 Elevasi (Ketinggian Permukaan Tanah) .....	173
8.1.3 Tunggang Pasut Rata-rata.....	176
8.1.4 Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan.....	179
8.1.5 Kenaikan Muka Laut Relatif .....	180
8.1.6 Perubahan Garis Pantai.....	181
8.1.7 Penggunaan Lahan.....	183
8.1.8 Litologi .....	186
8.1.9 Luas Kerusakan Pantai .....	189
8.1.10 Lebar Sabuk Hijau .....	191
8.2 Analisa Parameter Kegiatan Manusia.....	193
8.2.1 Penambangan Pasir Laut .....	194
8.2.2 Reklamasi Pantai .....	195
8.2.3 Konsumsi Air Tanah.....	196
8.2.4 Pola Penggunaan Lahan .....	197
8.2.5 Perlindungan alami terhadap Degradasi .....	197
8.2.6 Struktur Perlindungan Pantai.....	198
8.3 Penilaian Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan .....	199
8.4 Penilaian Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Sea Level Rise .....	203
8.4.1 Nilai CVI Parameter Fisik .....	204
8.4.2 Nilai CVI Parameter Kegiatan Manusia .....	208
8.5 Dampak Kenaikan Permukaan Laut ( <i>Sea Level Rise</i> /SLR).....	211
8.6 Strategi Adaptasi Terhadap Dampak Perubahan Iklim.....	214
8.6.1 Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berdasarkan Aspek Teknis	214
8.6.2 Strategi Adaptasi Perubahan Iklim berdasarkan Persepsi Stakeholder dalam Pengambilan Keputusan dalam adaptasi berbasis scenario.....	219
8.6.3 Peran stakeholder dalam membuat kebijakan dalam perencanaan adaptasi iklim berbasis skenario.....	219
<b>BAB IX KESIMPULAN Dan SARAN.....</b>	
Daftar Pustaka .....	227
Lampiran .....	241

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1.1 Kedudukan Penelitian yang akan Dilakukan .....	14
1.2 Diagram Alir Penelitian .....	15
2.1 Skematik komponen sistem iklim dan perubahan potensi mereka .....	29
2.2 Penyebab Kenaikan Temperatur (1951-2010).....	30
2.3 Kenaikan suhu rata-rata bumi 1850-2012 .....	31
2.4 Rata-rata <i>Sea level rise</i> Global dari 1993 to 2014 .....	32
2.5 Rata-rata Kenaikan suhu permukaan laut global (1880-2014).....	32
2.6 Skema Ilustrasi Iklim Global dan Kenaikan Muka Air Laut pada MAGICC .....	34
2.7 Skema Model MAGICC .....	35
2.8 Skema Model SCENGEN.....	35
2.9 Ilustrasi Metode Bruun .....	50
2.10 Ilustrasi Hennecke .....	51
2.11 Scematic Menggambarkan Masalah Minimalisasi Biaya.....	54
2.12 Empat Opsi Pengelolaan Pesisir di Masa Mendatang sebagai bagian Strategi untuk Adaptasi Perubahan Iklim .....	59
3.1 Lokasi Penelitian Wilayah Mikro (300 m dari garis pantai dan Desa Pantai yang diprediksi terkena dampak langsung) dan lokasi penelitian Wilayah Makro (Lima Kecamatan pantai yaitu Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban, Palang) .....	61
3.2 Pengukuran Kemiringan Pantai .....	66
3.3 Diagram Alir Pengolahan Perubahan Garis Pantai dengan DSAS .....	69
3.4 Baseline yang dihasilkan dari buffer garis pantai hasil survey lapangan (Oktober-Desember 2013) .....	70
3.5 Garis transek orthogonal yang melintang sepanjang pantai.....	71
3.6 Diagram Alir Pengolahan Prediksi Perubahan Garis Pantai Akibat Sea Level Rise dengan Metode Bruun dan Hennecke.....	73
3.7 Diagram Alir Pembuatan Peta Dampak SLR.....	82
4.1 Wilayah Kabupaten Tuban .....	89
4.2 Overlay Hasil Tracking Pantai ke Google earth untuk Menunjukkan Posisi Masing-masing Pias .....	91
4.3 Peta Geomorfologi Pantai Tuban.....	94
4.4 Penggunaan Lahan Eksisting Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban .....	95
4.5 Foto-foto Pemukiman Penduduk Dekat dengan Laut.....	103
4.6 Foto- foto Jalan Raya Deandles Dekat dengan laut.....	103
4.7 Foto-foto Usaha pengeringan dan tambak yang berbatasan dengan laut.....	104
4.8 Foto-foto Erosi Infrastruktur.....	104
4.9 Foto-foto Erosi Pantai.....	105
4.10 Foto-foto Tebing Pantai yang Longsor.....	105
4.11 Foto-foto Kerusakan Pelindung Pantai .....	106
4.12 Foto-foto Pelindung Pantai Penahan Air Pasang Buatan Masyarakat dalam usahanya melindungi Rumah, Tambak dan Mangrove.....	106
4.13 Foto-foto Banjir Rob pada saat Air Pasang .....	107



4.14	Sedimentasi Muara Sungai .....	107
4.15	Foto-foto Sampah di Sepanjang Pantai .....	108
4.16	Foto-foto Penambangan pasir di laut maupun di pantai.....	108
4.17	Foto-foto Ekosistem Mangrove yang digunakan untuk Tambak atau berubah fungsi penggunaannya .....	109
4.18	Foto-foto Pantai Berkarang yang rusak.....	109
4.19	Foto-foto Pemanfaatan Pantai belum optimal.....	110
4.20	Foto-foto Reklamasi di Kawasan Pantai Tuban .....	110
4.21	Total Curah Hujan dan Jumlah Hari Hujan Kabupaten Tuban (2000-2015).....	112
4.22	Perbandingan Musim Hujan dan Kemarau dan Pola Curah Hujan Kabupaten Tuban (2000- 2015) .....	113
4.23	Tren Suhu Udara Kabupaten Tuban tahun (2000-2015) .....	114
4.24	Rata-rata Per Tahun Suhu Air Laut di Pantai Tuban .....	115
4.25	Usaha Masyarakat Pesisir untuk Menanggulangi Rob dan Pasang Tinggi.....	116
4.26	Tembok Tangkis yang dibangun Pemda tetapi masih belum bisa menghindari masalah Rob dan Pasang Tinggi .....	116
5.1	Rata-rata Perubahan dan Kenaikan Suhu Udara di Kabupaten Tuban Tahun 2000- 2015 .....	123
5.2	Emisi Per Sektor Tahun 2011-2014 (ton CO <sub>2</sub> e) .....	125
5.3	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dari tahun 1990-2100 .....	130
5.4	Grafik Perbandingan Pasut Tuban-Semarang (a)Desember 2011 (b) Desember 2012 (c) Desember 2013 (d) Desember 2014.....	131
5.5	Output Program Least Square .....	132
5.6	Perbandingan MSL Semarang (1985-2014) dan MSL Tuban (2011-2014).....	132
5.7	Grafik Trendline MSL 2011-2014 .....	133
5.8	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dan MSL yang diperoleh dari data pasang surut dari tahun 1990-2100 .....	135
6.1	Posisi Garis Pantai Pada Tahun yang Berbeda. a.Seluruh Kecamatan Pantai, b. Pantai Bancar, c. Pantai Tambakboyoy, d. Pantai Jenu, e Pantai Tuban, f. Pantai Palang.....	139
6.2	Perubahan Garis Pantai (NSM dalam m) tahun 1972 dan tahun 2015 ...	142
6.3	Perubahan Garis Pantai (EPR dalam m) tahun 1972 dan tahun 2015.....	143
6.4	Rata-rata perubahan garis pantai (EPR dan LRR dalam m/th ) tahun1972- .....	145
6.5	Hasil digitasi garis pantai dan garis depth of closure dari peta batimetri 2008 yang sudah divalidasi dengan peta bathimetri 2011 .....	146
6.6	Panjang Pias dan Luas Pias Lima Lokasi yang mewakili Lima Kecamatan Pantai Kabupaten Tuban.....	148
6.7	Hasil Overlay peta Bathimetri tahun 2008 dan 2011 untuk menentukan <i>Closure depth</i> lima lokasi yang	

	mewakili lima Kecamatan Pantai Kabupaten Tuban.....	148
6.8	Prediksi Perubahan garis Pantai Model Bruun dan Hennecke Tahun 2050 dan 2100 (Pada 5 Lokasi Penelitian).....	151
6.9	Prediksi Perubahan garis pantai Model Bruun Tahun 2050 dan 2100 (Sepanjang Pantai kabupaten Tuban) .....	151
6.10	Prediksi Perubahan garis pantai Model Hennecke Tahun 2050 dan 2100 (Sepanjang Pantai kabupaten Tuban) .....	152
7.1	Prediksi Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Akibat KenaikanMuka Air Model Hennecke pada tahun 2050 (merah) dan pada tahun 2100(merah muda) di Overlay dengan Citra Resolusi Tinggi Google Earth. ....	154
7.2	Luas Lahan yang Hilang karena Kemunduran Garis Pantai pada Tahun 2050 dan 2100 berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan Eksisting .....	155
7.3	Prediski Daerah Tergenang Akibat Kenaikan Muka Air Laut pada Tahun 2050 di Overlay dengan Citra Reolusi Tinggi Google Earth .....	155
7.4	Prediksi Daerah Tergenang Akibat Kenaikan Muka Air Laut pada Tahun 2100 di Overlay dengan Citra Resolusi Tinggi Google Earth .....	156
7.5	Luas Lahan yang Tergenang pada Tahun 2050 dan 2100 berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan Eksisting .....	157
7.6	Posisi Tambak Udang dan Mangrove Terhadap Perubahan Garis Pantai Akibat SLR .....	161
7.7	Posisi Infrastruktur Bidang Perikanan dan Kelautan Terhadap Perubahan Garis Pantai Akibat SLR pada Tahun 2050 dan 2100 .....	161
7.8	Kawasan Mangrove di Kabupaten Tuban.....	162
8.1	Klasifikasi Parameter Geomorfologi untuk Kabupaten Tuban .....	172
8.2	Profil Topografi di Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban (relatif landai di bagian pantai).....	174
8.3	Klasifikasi Parameter Ketinggian (Elevasi) untuk Kabupaten Tuban.....	176
8.4	Selisih Data Pasang Surut Kabupaten Tuban dan Semarang.....	177
8.5	Tidal range rata-rata pesisir Semarang dan Tuban .....	177
8.6	Kisaran Pasang Surut Rata-rata Pesisir Tuban (1985-2014) .....	178
8.7	Klasifikasi Parameter Tunggang Pasut Rata-rata untuk Kabupaten Tuban.....	178
8.8	Klasifikasi Parameter Tinggi Gelombang Signifikan Untuk Kabupaten Tuban .....	179
8.9	Klasifikasi Nilai Parameter Kenaikan Muka Air Laut Relatif untuk Kabupaten Tuban.....	180
8.10	Klasifikasi Nilai untuk Parameter Perubahan Garis Pantai untuk Kabupaten Tuban.....	183
8.11	Klasifikasi Parameter (Penggunaan Lahan) Landuse untuk Kabupaten Tuban.....	185
8.12	Klasifikasi Parameter Litologi untuk Kabupaten Tuban.....	188
8.13	Klasifikasi Parameter Luas Kerusakan Pantai	

untuk Kabupaten Tuban .....	191
8.14 Klasifikasi Nilai Parameter Lebar Sabuk Hijau untuk Kabupaten Tuban .....	193
8.15 Struktur Pelindung Pantai di Lokasi Penelitian .....	199
8.16 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban dengan 10 parameter .....	201
8.17 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap <i>Sea Level Rise</i> (Parameter Fisik) .....	206
8.18 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap <i>Sea Level Rise</i> (Parameter Kegiatan Manusia) .....	211
8.19 Tingkat Pengaruh Parameter Fisik dan Kegiatan Manusia Terhadap Dampak <i>Sea Level Rise</i> .....	213
8.20. Contoh Desain Strategi Adaptasi Terhadap Dampak SLR yang Dapat Memelihara Proses Pesisir Secara Alamiah, Lestari dan Berkelanjutan .....	218

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.1	Ukuran Pembeda dan Model yang Dikembangkan dalam Penelitian 11
1.2	Tahapan dan Luaran Penelitian..... 16
2.1	Perbedaan Skenario SRES (A1, A2, B1, B2) ..... 38
2.2	Model yang digunakan untuk mengembangkan SRES..... 39
2.3	Skenario post-SRES dan Perhitungan Skenario (dengan Indikasi target Stabilitas CO <sub>2</sub> di Atmosfer dlm ppmv) ..... 40
2.4	Karakteristik pasang surut di beberapa wilayah Indonesia ..... 41
2.5	Pilihan beradaptasi pada perubahan iklim terhadap Pesisir/Laut 57
3.1	Data yang Digunakan dalam Penelitian ..... 63
3.2	Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSSM dan USLE..... 66
3.3	Data Citra Satelit Multitemporal yang Digunakan untuk Memperoleh Garis Pantai ..... 70
3.4	Pembobotan Parameter Fisik Kerentanan Pantai terhadap Ancaman Kerusakan ..... 77
3.5	Pembobotan Parameter Fisik Kerentanan Pantai Terhadap Sea Level Rise ..... 79
3.6	Pembobotan Parameter Pengaruh Manusia Kerentanan Pantai Terhadap Sea Level Rise ..... 79
3.7	Indikator Penilaian Kerugian Ekonomi Dampak dari SLR..... 83
4.1	Hasil Pengukuran Kemiringan Pantai Kabupaten Tuban ..... 91
4.2	Hasil Pengamatan Kondisi Pantai dengan Pengaruh Kegiatan Manusia ..... 95
4.3	Hasil Pengamatan Kondisi Pantai dengan Pengaruh Kegiatan Manusia..... 96
4.4	Data Luas dan Lokasi Hutan Mangrove ..... 99
4.5	Luas Tutupan dan Kondisi Terumbu Karang per Desember 2015 ..... 100
4.6	Luas Padang Lamun per Desember 2015 ..... 100
4.7	Permasalahan Kawasan Pantai Kabupaten Tuban ..... 102
4.8	Rata-rata Suhu Air laut Pantai Tuban ( dalam °C)..... 114
5.1	Penekanan Skenario Emisi (IPCC, 2007) ..... 118
5.2	PDRB Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2010– 2015 ( dalam Juta Rupiah)..... 119
5.3	Agregat Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Tuban Tahun 2011– 2015 ..... 120
5.4	Prediksi Kenaikan Suhu Udara Kabupaten Tuban pada Tahun 2100..... 123
5.5.	Emisi per Kategori Kegiatan Penghasil Emisi ( dalam ton CO <sub>2</sub> e)..... 126
5.6.	Total Emisi per jenis gas dari seluruh sektor penyumbang emisi Tahun 2011-2014..... 127
5.7.	Perbandingan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC ..... 130

5.8	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut Tuban sampai Tahun.....	133
5.9.	Perbandingan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dan MSL yang diperoleh dari data pasang surut .....	134
5.10	Faktor Koreksi Kenaikan Muka air Laut Hasil Model dengan MSL Tuban .....	135
6.1.	Titik Koordinat Lokasi Penelitian Kawasan Pesisir Tuban.....	138
6.2	Perubahan garis pantai di lokasi penelitian .....	139
6.3	Perubahan Garis Pantai pada periode 1972-2015 (dengan menggabung hanya 2 garis pantai pada tahun yang berbeda)	140
6.4	Perubahan Garis Pantai pada periode 1972-2015 (dengan menggabung 5 garis pantai pada tahun yang berbeda).....	144
6.5 .	Nilai <i>S</i> (kenaikan muka air laut).....	147
6.6	Hasil Pengukuran Ketinggian Pantai Kabupaten Tuban .....	147
6.7	HasilPerhitungan Kemunduran Garis Pantai (R) Bruun Rule pada 5 Lokasi penelitian .....	149
6.8	HasilPerhitungan Kemunduran Garis Pantai (R) Metode Hennecke pada 5 Lokasi penelitian.....	149
6.9	Perhitungan Error Perubahan Garis Pantai Kabupaten Tuban Metode Bruun Rule dan Hennecke .....	150
7.1	Luas dan Persentase Lahan yang Terkena Dampak Kemunduran Garis Pantai Model Hennecke.....	154
7.2	Luas dan Persentase Lahan yang Tergenang Akibat Dampak SLR...	156
7.3	Indikator Penilaian Kerugian Ekonomi Dampak dari SLR.....	157
7.4	Persamaan Linier dan Prediksi PDRB Atas Dasar Harga BerlakuMenurut Pemanfaatan tanah dan Lapangan Usaha Tahun 2050 dan 2100 di kabupaten Tuban .....	158
7.5	Prediksi Nilai PDB Tanah per m <sup>2</sup> berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha di Kabupaten Tuban pada Tahun 2050 .....	158
7.6	Prediksi Nilai PDB Tanah per m <sup>2</sup> berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha di Kabupaten Tuban pada Tahun 2100 .....	159
7.7	Prediksi Nilai Tanah pada Tahun 2050 dan 2100 .....	159
7.8	Manfaat Langsung Berdasarkan Potensi Pohon.....	162
7.9.	Nilai Manfaat Langsung Hasil Penangkapan Ikan di Kecamatan Palang .....	163
7.10.	Nilai Manfaat Langsung Lahan Tambak Garam di Kecamatan Palang .....	163
7.11	Nilai Manfaat Total Kawasan Mangrove .....	164
7.12.	Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Mangrove pada tahun 2050 dan 2100 .....	165
7.13	Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Pasir Laut untuk Pembangunan Sarana Perikanan dan Kelautan pada tahun 2050 .....	166
7.14	Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Pasir Laut untuk Pembangunan Sarana Perikanan dan Kelautan pada tahun 2100 .....	167
8.1.	Hasil Analisa Grain Size Lokasi Penelitan.....	186
8.2	Persentase Berat Butir Sampel Sedimen .....	186
8.3	Lokasi Penambangan Pasir Liar di Kabupaten Tuban .....	195

8.4	Luas Reklamasi Sepanjang Pesisir Kabupaten Tuban .....	196
8.5	Persentase Pola penggunaan Lahan Lokasi penelitian (300 m dari Pantai).....	197
8.6	Tabel Nilai CVI Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan .....	202
8.7	Nilai CVI Parameter Fisik Pesisir Kabupaten Tuban terhadap <i>Sea Level Rise</i> /SLR.....	207
8.8	Nilai CVI Parameter Kegiatan Masyarakat di Pesisir KabupatenTuban terhadap <i>Sea Level Rise</i> /SLR.....	208
8.9	Matrik Besarnya Dampak Sea Level Rise di Lokasi Penelitian .....	212
8.10	Pilihan Tehnologi Adaptasi terhadap SLR yang diajukan <i>Stakeholder</i> .....	221



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Perubahan iklim menjadi masalah yang paling menarik, karena merupakan proses yang panjang dengan kompleksitas tinggi sehingga dampaknya sulit diprediksi dengan tepat dan sangat mempengaruhi lingkungan alam dan sosial. Perubahan iklim terkait dengan pemanasan global yakni indikasi naiknya suhu muka bumi secara global (meluas dalam radius ribuan kilometer) terhadap normal/rata-rata catatan pada kurun waktu standar (ukuran Badan Meteorologi Dunia/WMO: minimal 30 tahun) (IPCC, 2007<sup>a</sup>), dan salah satu dampaknya yakni terjadinya kenaikan permukaan air laut (*sea level rise*/SLR).

Indonesia, sebagai negara dengan jumlah penduduk yang besar dengan kemampuan ekonomi rendah, kondisi ini menunjukkan Indonesia berada pada posisi yang sangat rentan terhadap perubahan iklim. Dampak perubahan iklim global sudah dapat dirasakan di Indonesia seperti cuaca yang makin tidak menentu dan makin ekstrem. Kenaikan suhu itu mungkin tidak terlihat terlalu tinggi, namun dapat memperparah dampak perubahan iklim yang sudah ada (seperti banjir, kemarau panjang, angin kencang) bertambah sering dan bertambah parah (UNDP, 2007). Kusnanto (2011) menjelaskan rata-rata suhu udara di Indonesia tahun 1968 sampai 2007 terus mengalami peningkatan dan dalam waktu 70 tahun sejak tahun 1940 suhu rata-rata di muka bumi mengalami kenaikan sekitar 0,5°C. Sedangkan Firman (2009) menjelaskan kondisi udara di Indonesia menjadi lebih panas sepanjang abad dua puluh, yaitu suhu udara rata-rata tahunan telah bertambah kira-kira 0,3<sup>0</sup>C dan terjadinya peningkatan rata-rata suhu udara menyebabkan terjadinya penguapan air yang tinggi, sehingga menyebabkan atmosfer basah dan intensitas curah hujan meningkat. Menurut Naylor (2006) dalam Diposaptono (2009), perubahan pola curah hujan di Indonesia akan mengarah pada terlambatnya awal musim hujan dan kecenderungan lebih cepat berakhirnya musim hujan. Hal ini berarti bahwa musim hujan terjadi dalam waktu yang lebih singkat, tetapi memiliki intensitas curah hujan yang lebih tinggi.

Kondisi perubahan iklim di Indonesia merupakan suatu topik yang terlalu luas dan perlu dilakukan pengkajian dalam berbagai bidang, sehingga tinjauan komprehensif mengenai dampak perubahan iklim di Indonesia membutuhkan suatu studi ilmiah khusus. Beberapa penelitian menunjukkan beberapa aspek krusial yang sifatnya urgen karena mengandung implikasi yang sangat serius bagi Indonesia dan penduduknya, antara lain dampak SLR dengan perubahan iklim (Susandi dkk., 2008<sup>b</sup>), kerentanan wilayah pesisir dengan perubahan iklim (Rositasari dkk., 2010), pemodelan perubahan iklim untuk wilayah lokal (Sarah dan Tohari, 2009), dampak dan biaya kesehatan (Shitadewi dan Susandi, 2009), perkembangan energi Indonesia sebagai dampak kebijakan iklim global (Irwani dan Susandi, 2009), kajian dampak perubahan iklim dan tata guna lahan untuk keseimbangan air wilayah (Kaimuddin, 2000).

Perubahan iklim juga akan menaikkan level permukaan air laut, sehingga menggenangi daerah pesisir produktif, seperti lahan pertanian, pertambakan, maupun pemukiman. Teluk Jakarta akan meningkat setinggi 0,57cm/tahun, kedalaman rata-rata kawasan terendam air bervariasi antara 0,28 dan 4,17 pada tahun 2050 (Susandi, 2007). Dampak naiknya permukaan air laut akan semakin parah jika adanya penambahan penurunan permukaan tanah setinggi 0,8 cm/tahun, kondisi ini memiliki dampak yang luar biasa pada produktivitas perkotaan dan infrastruktur (Priambodo, 2009). Kemudian Wirasatria (2005) menjelaskan kenaikan muka laut global menyebabkan kenaikan muka laut di Semarang sebesar 2,65 mm/th yang mengakibatkan 2,418 ha tanah tergenang.

Dampak perubahan iklim terhadap SLR sangat berpengaruh terhadap kehidupan manusia maupun sumberdaya yang ada, maka penelitian-penelitian terhadap SLR perlu ditingkatkan untuk mencegah bencana yang tidak dapat diprediksi. Penelitian Susandi dkk. (2008<sup>a</sup>) memprediksi SLR akibat perubahan iklim di daerah Banjarmasin. Rositasari dkk. (2011) melakukan penelitian terhadap kerentanan wilayah pesisir Cirebon terhadap perubahan iklim. Kurdi dkk. (2000) meneliti indikasi SLR pada kota pantai Makassar. Sutrisno dkk. (2005) melakukan analisa spasial mundurnya garis pantai akibat dampak kenaikan muka laut. Zedillo (2008) menjelaskan salah satu dampak perubahan iklim yang perlu diwaspadai adalah SLR, sebab fenomena ini berdampak pada kegiatan

sosial ekonomi. Besarnya kerugian ekonomi bervariasi tergantung kondisi geografi. Diposaptono dkk. (2009) mengatakan daerah pesisir yang memiliki dataran rendah seperti pantura Jawa, pantai timur Sumatera, Kalimantan, pantai selatan Sulawesi dan pulau-pulau kecil yang berelevasi rendah sangat rentan terhadap SLR.

Garis pantai adalah titik pertemuan antara daratan pantai dan air laut yang dipengaruhi oleh proses gelombang dan pasang surut, yang mendekati rata-rata muka air laut tertinggi (MHWL) (CHL, 2002; Fairley *et al.*, 2009). Beberapa penelitian menunjukkan penyebab perubahan garis pantai di wilayah pesisir Indonesia diantaranya karena aktivitas manusia seperti pembukaan lahan, eksploitasi bahan galian di daratan pesisir, suplai muatan sedimen yang berlebihan (Yudha, 2007; Tarigan, 2007; Kalay, 2009; Setyandito dan Trianto, 2007), karena peristiwa alam diantaranya erosi dan akresi karena gelombang (Miyasyiwi dan Prasetya, 2011; Hariyadi 2011, Azhar dkk., 2012). Beberapa penelitian yang menghubungkan curah hujan dengan intensitas tinggi dapat mempengaruhi perubahan garis pantai (Susandi 2006<sup>a</sup>; Wibowo, 1996) sedangkan Kont *et al.* (2003) memprediksi SLR dengan menggunakan skenario iklim. Szlafszten (2005) melakukan penelitian pada daerah yang berpotensi rawan bencana karena SLR dan perubahan iklim dengan menggunakan indeks kerentanan berbasis GIS, sedangkan Zeidler (1997) lebih mengarah ke manajemen wilayah daerah yang terkena dampak SLR akibat perubahan iklim.

Wilayah pesisir merupakan salah satu ekosistem yang telah lama diketahui menyimpan permasalahan yang cukup serius bagi kelangsungan hidup manusia yang memanfaatkannya. Permasalahan ini terutama menyangkut *trade off* pemanfaatan sumber daya pesisir, yaitu antara kepentingan ekonomi dan preservasi fungsi ekologisnya. Sebagai suatu ekosistem, wilayah pesisir merupakan ekosistem penting bagi keberlanjutan hidup, baik manusia sendiri maupun lingkungannya secara keseluruhan. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa sumber daya alam di wilayah ini telah mengalami tingkat kerusakan yang mengkhawatirkan. Laporan FAO (2007) menunjukkan hasil tangkapan perikanan secara global telah mengalami penurunan, dimana sebesar 47% stok mengalami eksploitasi penuh, 15-18% stok telah mengalami over eksploitasi, dan 9% stok

telah terdepleksi. Garces *et al.* (2008) menyatakan bahwa di Asia tenggara, seluruh perairan pesisir sampai 15 km dari darat telah mengalami overfishing. Studi dari Fauzi dan Anna (2002) menunjukkan bahwa sumber daya ikan di perairan pantai utara Jawa telah terdepresiasi sebesar 20 milyar rupiah per tahun. Untuk terumbu karang, terutama untuk kawasan Indonesia, menunjukkan bahwa proporsi yang terdegradasi meningkat dari 10%-50% (Hopley dan Suharsono, 2000). Demikian pula untuk sumber daya pesisir lainnya seperti mangrove, kondisinya boleh dikatakan telah terdegradasi sebagai akibat dari kegiatan-kegiatan seperti reklamasi pantai, kebutuhan bahan bangunan, pembangunan kawasan pemukiman, wisata, maupun untuk pembukaan kawasan budidaya tambak.

Kerusakan sumberdaya pesisir akibat dampak perubahan iklim akan bertambah parah jika adanya kerusakan lingkungan baik secara alami maupun campur tangan manusia. Kerusakan lingkungan (seperti kemunduran garis pantai, abrasi pantai, kerusakan fisik habitat pesisir, konflik penggunaan ruang, overfishing dan lain sebagainya) lebih sering terjadi di kawasan pesisir yang padat penduduk serta tinggi intensitas pembangunannya. Kerusakan lingkungan ini telah berada pada tingkat yang telah mengancam kesinambungan pembangunan itu sendiri (Anna, 2003).

Kerusakan sumberdaya pesisir juga terjadi di kawasan pesisir Kabupaten Tuban. Dari sisi pelestarian, pengembangan wilayah kawasan pantai sangat perlu mendapat perhatian khusus, mengingat kecamatan pantai seperti Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban Kota dan Palang merupakan wilayah yang terkena dampak perubahan iklim secara langsung. Berdasarkan analisa dinas perikanan dan kelautan kabupaten Tuban tahun 2012, secara teknis permasalahan kawasan pantai antara lain pemukiman yang terlalu dekat dengan pantai, jalan utama yang langsung berbatasan dengan pantai, abrasi dan akresi, sedimentasi, banyaknya reklamasi pantai, pencemaran lingkungan laut sedangkan non tehnik antara lain perubahan pola arus dan erosi akibat adanya reklamasi pantai, belum adanya perangkat hukum yang memadai dalam rangka pengelolaan pantai (misal: masalah sempadan pantai, pemanfaatan tanah sempadan, reklamasi pantai, penambangan pasir, penebangan mangrove, perusakan terumbu karang dan sebagainya), pemahaman hukum oleh masyarakat masih kurang (misal:

pembuangan sampai di pantai, pembuangan limbah ke laut, ijin usaha di pantai/laut), sumber daya pesisir belum termanfaatkan/tergarap secara optimal dan berkelanjutan sesuai dengan kaidah kelestarian lingkungan, banyak tambak intensif yang terlantar. Penyebab kerusakan sumberdaya pesisir ini perlu diketahui secara pasti terutama yang diakibatkan perubahan iklim. Sehingga perlu dilakukan penelitian dampak perubahan iklim skala global dapat berpengaruh ke skala lokal. Skala lokal dalam hal ini sesuai dengan karakteristik Kabupaten Tuban. Menurut Messner dan Meyer (2005) menjelaskan tingkat ketepatan dalam penilaian kerentanan pesisir dengan ukuran daerah studi skala lokal atau regional mempunyai nilai ketepatan lebih tinggi jika dibandingkan skala nasional atau global.

Beberapa yang perlu ditinjau sebelum melakukan penelitian ini antara lain:

- (1) Penentuan skenario iklim – Masih menggunakan model iklim global begitu pula alat bantu yang digunakan sehingga perlu dicari skenario iklim yang sesuai skala lokal dan alat bantu yang menghasilkan output dengan skala yang lebih kecil
- (2) Dampak perubahan iklim yang terjadi – Masih dilakukan penelitian pemodelan dan pengembangan untuk mendapatkan prediksi yang sesuai
- (3) Dampak SLR terhadap perubahan garis pantai - Masih memantau tren perubahan garis pantai yang terjadi dan belum ada kejelasan dengan pasti SLR bertanggungjawab terhadap perubahan garis pantai
- (4) Pengolahan perubahan garis pantai akibat SLR – Masih menggunakan metode pendekatan yang berbeda-beda
- (5) Sumberdata perubahan garis pantai, sumberdata SLR - Masih tergantung data yang tersedia di wilayah penelitian
- (6) Dampak kerugian yang terjadi - Menggunakan metode pendekatan yang berbeda-beda dan tidak memasukkan faktor kerusakan sumberdaya pesisir
- (7) Penilaian kerentanan pesisir terhadap dampak SLR – Masih dilakukan pengembangan dan disesuaikan dengan lokasi penelitian, masing-masing negara menggunakan parameter indeks yang berbeda-beda

Berdasarkan alasan faktual di atas kiranya wajar jika topik ini sangat layak diteliti baik dari segi akademisi dan praktis. Disamping itu alasan akademis yang

menyangkut penelitian terkini mulai penentuan skenario iklim lokal, besarnya dampak SLR sesuai dengan karakteristik lokal, penilaian kerentanan terhadap dampak SLR terhadap studi area lokal belum dapat menjawab secara pasti kerugian ekonomi akibat kerusakan yang ditimbulkan dari dampak perubahan iklim dan proyeksi besarnya dampak perubahan iklim yang ditimbulkan akan sangat berguna dalam upaya mitigasi dan antisipasi

## **1.2 Perumusan Masalah**

SLR adalah masalah terbesar dampak perubahan iklim yang harus diwaspadai, sekaligus merupakan salah satu masalah penting yang dihadapi oleh negara-negara pantai atau negara kepulauan seperti Indonesia, karena berdampak pula pada ekosistem pesisir. Fenomena alam ini perlu diperhitungkan dalam semua kegiatan pengelolaan wilayah pesisir. IPCC (2007<sup>a</sup>) melaporkan wilayah yang terkena dampak langsung dari SLR adalah daerah pemukiman padat dan dataran rendah pesisir, pulau-pulau kecil, dan delta. Daerah tersebut merupakan wilayah-wilayah yang sangat rentan terhadap erosi pantai dan kehilangan tanah, tingginya genangan dan banjir rob, serta terjadinya intrusi air laut.

Asia Tenggara yang sangat rentan terkena dampak menurut Nicholls dan Nimura (1998) adalah daerah delta besar di Bangladesh, Myanmar, Vietnam, dan Thailand, dan dataran rendah dari Indonesia, Filipina, dan Malaysia. Garis pantai Asia Tenggara sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim karena geologi dan geografi dari beberapa daerah pesisir di wilayah ini, yang tumbuh kepadatan penduduk dan infrastruktur di zona pesisir. Selain itu, variasi pasang surut yang besar, siklon tropis, ditambah dengan potensi kenaikan curah hujan regional, memberi potensi peningkatan bahaya di wilayah pesisir. Sulaiman (2011) menjelaskan karakteristik pantai di Indonesia yang paling rentan terhadap SLR adalah pantai dengan energi gelombang rendah yaitu pantai di timur Sumatera, utara Jawa dan Kalimantan. Pantai-pantai tersebut umumnya mempunyai topografi yang landai sehingga jika terjadi SLR maka akan memperluas daerah banjir pada saat pasang besar atau saat terjadinya cuaca buruk (*strom surge*). Jika cuaca buruk terjadi pada saat pasang tertinggi maka gelombang panjang akan masuk jauh ke daratan sehingga terjadi banjir rob. Selanjutnya Diposaptono dkk. (2009) mengemukakan daerah pesisir yang mempunyai dataran rendah seperti



pantai utara Jawa sangat rentan terhadap SLR, karena kawasan ini akan tergenang. Akibat genangan tersebut, garis pantainya akan mundur atau bergeser ke arah daratan. Jauh-dekatnya pergeseran tersebut tergantung dari kemiringan pantai.

Sumberdaya pesisir seperti pada perikanan budidaya dan perikanan tangkap sama-sama mempunyai resiko tinggi terkait dengan perubahan iklim. Pada perikanan budidaya misalnya selama ini berlokasi di dataran rendah dapat dibayangkan bagaimana jika tambak tersebut tergenang air laut karena perubahan iklim. Bukan cuma hamparan tambak yang tidak berfungsi namun aset ekonomi dan infrastruktur lainnya juga hilang terkubur air laut. Oleh karena itu proyeksi dampak perubahan iklim di Indonesia akan sangat berguna dalam upaya mitigasi dan antisipasi akibat yang akan timbul dari perubahan iklim tersebut. Beberapa peneliti regional hanya melakukan riset memprediksi curah hujan dan temperature di masa datang dengan perbedaan skenario iklim (Susandi, 2006<sup>b</sup>; Sarah dan Tohari, 2009; Kurniawan dkk.,2008), sehingga perlu dikembangkan prediksi SLR, dan dampak ekonominya terhadap sumberdaya pesisir.

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah

1. Perlunya penentuan skenario iklim yang cocok untuk wilayah lokal
2. Perlunya pemodelan profil pantai yang bersesuai dengan wilayah studi
3. Perlunya menentukan kerugian ekonomi akibat dampak perubahan iklim terutama kerugian ekonomi sumberdaya pesisir untuk dapat mencerminkan proses kuantitatif dan konsekuensi dari dampak SLR
4. Perlunya pemodelan kerusakan pesisir untuk dapat menentukan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Secara khusus tujuan tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Menentukan skenario iklim yang sesuai dengan wilayah Tuban
2. Memodel perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak SLR sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir Tuban, \
3. Melakukan analisis kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir akibat dampak SLR

4. Mengembangkan model kerusakan pesisir untuk menentukan strategi adaptasi terhadap perubahan iklim sebagai dasar analisis opsi kebijakan pengelolaan penggunaan lahan pesisir sehingga didapatkan penataan pemanfaatan sumberdaya pesisir yang lestari.

Target penelitian ini adalah diperolehnya skenario iklim sesuai wilayah lokal dan model perubahan garis pantai akibat kenaikan muka air laut sebagai implikasi dampak perubahan iklim. Karena estimasi skenario iklim yang tepat dan model perubahan garis pantai yang akurat merupakan langkah yang penting dan diperlukan sebagai inputan untuk mengetahui kerusakan sumberdaya pesisir akibat perubahan iklim. Sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengelolaan wilayah pesisir lainnya

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Penelitian ini diharapkan mampu memberi kontribusi dalam berbagai sektor, terutama dalam bidang pengelolaan wilayah pesisir, diantaranya:

##### **a. Akademisi**

1. Penentuan model skenario iklim yang sesuai skala lokal dapat digunakan untuk memodelkan SLR untuk wilayah lokal
2. Menambah metode baru dalam memprediksi perubahan garis pantai akibat perubahan iklim terutama dalam kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir akibat SLR
3. Menambah metode baru dalam menentukan penilaian kerentanan pantai akibat SLR
4. Menambah cara dalam menentukan strategi adaptasi sesuai dengan yang diharapkan *stakeholder* dengan memelihara proses pesisir secara alamiah, lestari dan berkelanjutan

##### **b. Praktis**

Hasil penelitian diharapkan dapat dijadikan bahan rujukan dan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk mengatasi permasalahan kerugian ekonomi dari perubahan iklim sehingga bencana dari perubahan iklim dapat diproyeksi untuk jangka pendek (temporal) dan untuk wilayah yang lebih detil (spasial)

## 1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dalam studi ini dibedakan menjadi dua yaitu ruang lingkup substansial yang berisi mengenai materi-materi yang akan dibahas dalam studi ini, serta ruang lingkup wilayah yang menjelaskan batasan wilayah studi yang menjadi obyek penelitian.

### 1.5.1 Ruang Lingkup Substansial

Ruang lingkup ini secara umum terkait dengan lingkup materi yang akan dibahas dalam penelitian ini. Adapun pada pembahasan ini, lingkup substansial dalam penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal, yakni:

- 1) Dampak dari perubahan iklim yakni SLR yang menyebabkan kerentanan bencana di wilayah pesisir Kabupaten Tuban.
- 2) MAGICC/SCENGEN (*Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change/ SCENario GENerator*) merupakan software yang digunakan untuk tinggi muka laut global
- 3) Sumberdata SLR adalah data pasang surut 1985 – 2010 daerah Semarang sebagai prediksi wilayah Tuban
- 4) Data perubahan garis pantai menggunakan sumber data citra multitemporal Landsat 1972 – 2015
- 5) Pemodelan perubahan garis pantai dihitung dengan persamaan Bruun (1988) dan model Hennecke (2004) dengan sumber peta batimetri 2008 yang divalidasi dengan peta batimetri tahun 2011
- 6) Penentuan Indeks kerentanan pantai menggunakan modifikasi beberapa peneliti
- 7) Menghitung besarnya Dampak SLR menggunakan matrik CVI (SLR).
- 8) Estimasi *Direct–Cost* (DC) untuk menghitung kerugian ekonomi akibat kenaikan muka air laut. Ada tiga batasan dalam mengestimasi kerugian ekonomi: (i) nilai lingkungan yang rusak tidak diketahui secara pasti; (ii) kerusakan lingkungan tidak dihitung sebagai biaya konsumen; (iii) perdagangan internasional diabaikan
- 9) Model ekonomi bersifat dinamis dengan konsepsi menggunakan nilai pasar (market value) terhadap sumberdaya pesisir baik yang untuk sumberdaya

yang tidak dapat diperbaharui dan yang dapat diperbaharui. Metode valuasi ekonomi total (total economic valuation method/ TEV) juga diterapkan dalam analisis ekonomi sebagai input dalam penetapan kebijakan untuk menata penggunaan lahan yang lebih lestari

- 10) Prediksi kerugian ekonomi untuk tahun 2050 dan 2100 berdasarkan PDB tanah/m<sup>2</sup> yang diperoleh dari nilai PDRB ADHB per luas lahan (berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha) menggunakan persamaan linier dan berdasarkan nilai tanah pada tahun prediksi dengan acuan PDRB ADHB dan nilai tanah tahun 2010 -2015
- 11) Sumberdaya pesisir yang dimaksud dalam penelitian ini meliputi sumber daya pesisir yang dapat diperbaharui (sumberdaya ikan dan sumber daya mangrove) dan sumberdaya pesisir yang tidak dapat diperbaharui (pasir laut).
- 12) Kerugian ekonomi sumberdaya mangrove dihitung dari luas kawasan mangrove yang terkena dampak dikalikan manfaat total ekonomi, sedangkan sumberdaya ikan dihitung dari besarnya kawasan tambak yang terkena dampak dikalikan total pendapatan yang diperoleh. Sedangkan pasir laut berdasarkan penggunaan pasir laut sebagai bahan bangunan di wilayah pesisir. sehingga kerugian ekonomi dihitung berdasarkan besarnya luas infrastruktur bidang perikanan dan kelautan yang terkena dampak
- 13) Strategi Adaptasi mengacu pada Tompkins dkk (2008) dengan menggunakan pendekatan keterlibatan *stakeholder* berbasis skenario/*scenario-based stakeholder engagement* (SBSE) yang disesuaikan dengan kondisi lokasi penelitian dan besarnya dampak yang terjadi

### **1.5.2 Ruang Lingkup Wilayah**

Ruang lingkup ini merupakan pembatasan wilayah studi yang akan diamati berdasarkan kerusakan sumberdaya pesisir. Pembatasan wilayah studi ini didasarkan pada kondisi kerusakan fisik di wilayah pesisir Kabupaten Tuban yang terkena dampak SLR pada tahun 2050 dan 2100. Adapun ruang lingkup wilayah makro yakni wilayah pesisir Kabupaten Tuban yakni kecamatan-kecamatan yang berbatasan dengan perairan Laut Utara Jawa. Wilayah makro tersebut terdiri atas 5 kecamatan pantai (Kecamatan Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban dan Palang). Sedangkan wilayah mikro dalam penelitian ini yakni lahan di wilayah pesisir

Kabupaten Tuban yang diprediksikan akan terkena dampak atau daerah 300 m dari garis pantai pada saat penelitian.

### 1.6 Originalitas

Judul “Studi Perubahan Iklim dan Kerusakan Sumberdaya Pesisir di Kabupaten Tuban ini bersifat original dan mempunyai keterbaharuan (*novelity*) yang tinggi dengan beberapa alasan yaitu :

1. Wilayah pesisir Tuban mempunyai karakteristik tersendiri yang tentunya berbeda dengan wilayah-wilayah lainnya
2. Pemilihan skenario iklim yang disesuaikan dengan lokasi penelitian
3. Penentuan parameter indeks kerentanan pantai memperhatikan aspek fisik dan kegiatan manusia
4. Melakukan perhitungan kerugian ekonomi akibat SLR terhadap sumberdaya pesisir
5. Strategi Adaptasi yang dilakukan menggunakan metode skenario berbasis keterlibatan stakeholder berdasarkan usulan desain.

### 1.7 Keutamaan Penelitian

Hal yang menjadi keutamaan penelitian seperti pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Ukuran Pembeda dan Model yang Dikembangkan dalam Penelitian

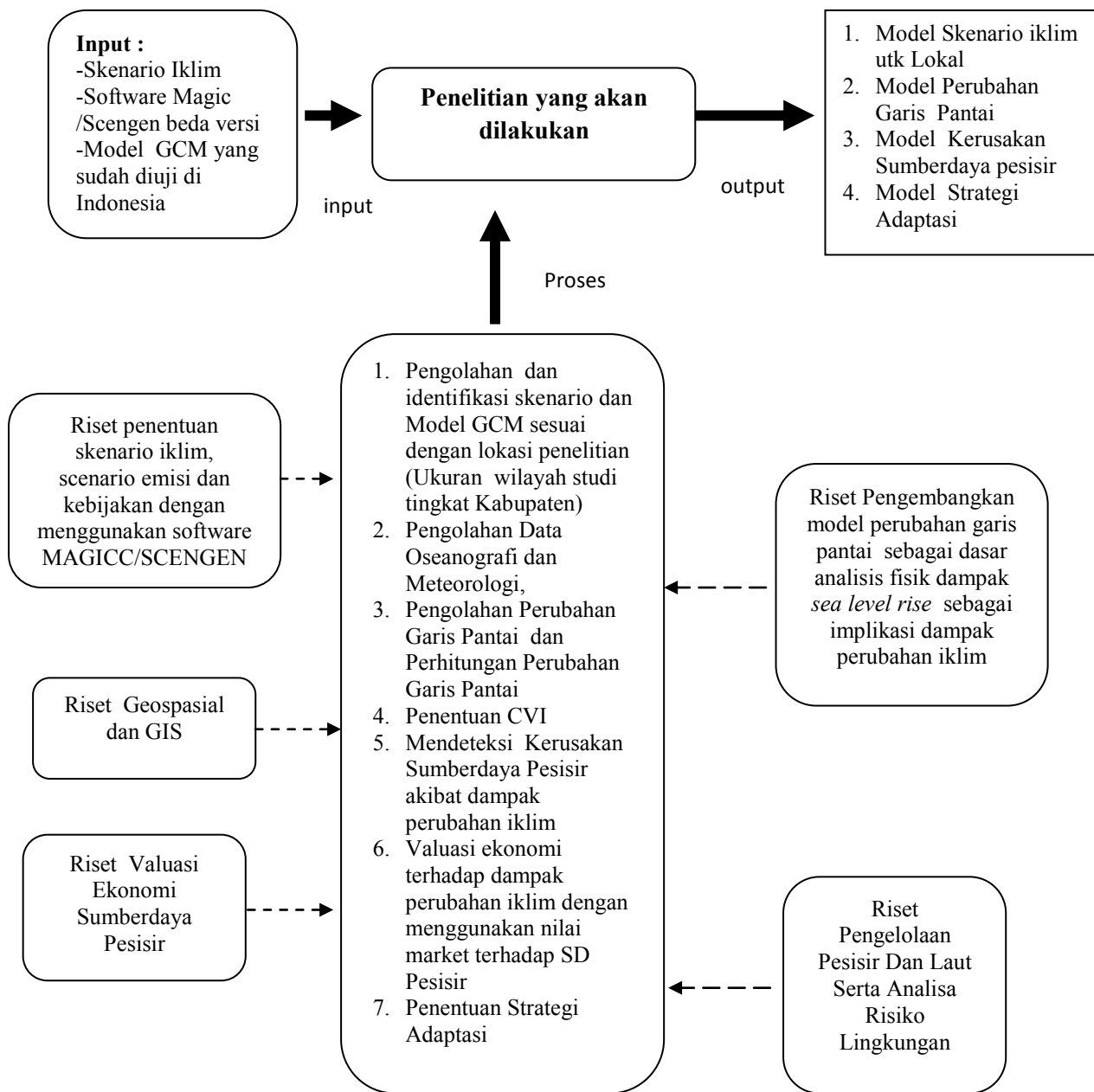
No	Ukuran Pembeda	Model yang ada sampai saat ini	Model yang dikembangkan dalam Penelitian
1	Pendekatan	Model SLR akibat perubahan Iklim digunakan untuk menentukan pola genangan	Model SLR akibat perubahan Iklim menggunakan skenario iklim sesuai lokasi penelitian dan digunakan sebagai prediksi perubahan garis pantai
2	Asumsi Dasar	SLR belum diperhitungkan dalam memprediksi perubahan garis pantai	SLR diperhitungkan dalam memprediksi perubahan garis pantai dan penyebab utama dari kerusakan sumberdaya pesisir
3	Teori yang digunakan	a. Pemodelan perubahan garis pantai dihitung dengan persamaan Bruun (1988) b. Pemodelan perubahan garis pantai dihitung dengan persamaan Hennecke (2004) c. Penentuan Indeks kerentanan pantai menggunakan pedoman sesuai lokasi penelitian	1) Pemodelan perubahan garis pantai dihitung dengan persamaan Bruun (1988) dan model Hennecke (2004) dengan sumber peta batimetri 2008 dan 2011 2) Penentuan Indeks kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan menggunakan modifikasi beberapa peneliti yaitu Thieler and Hammar-Klose,

No	Ukuran Pembeda	Model yang ada sampai saat ini	Model yang dikembangkan dalam Penelitian
		d. Perhitungan ekonomi dari dampak kenaikan muka laut dengan modifikasi metode yang dikembangkan oleh Darwin dan Toll (2001)	(2000); Gornitz <i>et al.</i> (1997); Pendleton <i>et al.</i> (2005); Boruff <i>et al.</i> (2005); DKP (2004); Abuodha. dan Woodroffe (2006) 3) Penentuan Indeks kerentanan pantai terhadap SLR merupakan modifikasi dari Pendleton <i>et al.</i> (2005) dan Gornitz <i>et al.</i> (1997) dan Özyurt (2007) 4) Perhitungan ekonomi dari dampak kenaikan muka laut dengan modifikasi metode yang dikembangkan oleh Darwin dan Toll (2001) yaitu Estimasi <i>Direct-Cost (DC)</i> dan dimodifikasi dengan nilai valuasi ekonomi untuk sumberdaya pesisir
4	Komponen Model		
	Komponen yang digunakan dalam perhitungan formula Metode Bruun dan Hennecke terhadap  Nilai S, Nilai B, nilai ΔD, Nilai L, Nilai ΔL	Nilai S didapat dari data pasang surut dihitung dengan berbagai metode Nilai B dari Data DEM atau SRTM Nilai L merupakan keseimbangan konsep profil cross-shore, tetapi tidak menghitung transportasi bawah ombak Nilai ΔL dari besarnya sedimentasi	Nilai S didapat dari akumulasi selisih tiap MSL per-tahunnya dihitung dengan Metode <i>Least Square</i> Nilai B dan nilai ΔD dilakukan pengukuran langsung di lapangan selama tracking pantai di samping itu dilakukan pengamatan terhadap kerusakan pantai, morfologi pantai, ekosistem pantai dengan melakukan pembagian profil pantai menjadi beberapa pias Nilai L diukur dari garis pantai peta batimetri ke arah garis <i>depth of closure</i> , Nilai ΔL dari nilai panjang pantai tererosi ini sesuai dari hasil perhitungan analisa DSAS 2013 ke 2014
	Model untuk memproyeksikan SLR.	MAGICC/SCENGEN sebagian besar untuk variasi iklim dan cuaca.	MAGICC untuk tinggi muka laut yang akan datang dari model global.
	Model SLR akibat perubahan iklim	Skenario kebijakan (skenario emisi dan skenario kebijakan) berbeda-beda tergantung tujuan dan lokasi penelitian	Skenario kebijakan (skenario emisi dan skenario kebijakan) yang sesuai lokasi penelitian dan model GCM yang sudah diuji di Indonesia
	Model SLR untuk wilayah Tuban	Tidak ada	Menguji skenario iklim terpilih untuk memprediksi SLR dengan menggunakan software MAGICC/SCENGEN
	Trenline MSL Tuban dan Prediksi SLR Tuban tahun 2050 dan 2100	Tidak ada	Kalibrasi terhadap SLR output MAGICC/SCENGEN dengan menggunakan data pasang surut 1985-2014
	Model perubahan garis pantai Kabupaten Tuban	Tidak ada	Digital Shoreline Analysis System (DSAS) dengan menggunakan data citra landsat 1972-2015



No	Ukuran Pembeda	Model yang ada sampai saat ini	Model yang dikembangkan dalam Penelitian
	Prediksi Perubahan garis pantai Kabupaten Tuban tahun 2050 dan 2100	Tidak ada	Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Model Bruun dan Hennecke
	Penilaian Indeks kerentanan pesisir	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Penetapan parameter kerentanan berbeda-beda tergantung tujuan penelitian.</li> <li>b. Penyajian data dengan Analisa SIG berdasarkan grid sel <math>0.28^{\circ} \times 0.28^{\circ}</math></li> <li>c. Belum ada yang melakukan penilaian terhadap besarnya kerentanan terhadap dampak yang terjadi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Terhadap ancaman kerusakan dan dampak SLR dengan menetapkan 10 parameter fisik dan 6 parameter kegiatan manusia</li> <li>b. Penyajian data menggunakan Analisa SIG berdasarkan batas desa dan jarak 300 m dari garis pantai sehingga terdapat 45 sel,</li> <li>c. Penilaian terhadap dampak yang terjadi menggunakan Matrik CVI</li> </ul>
	Model genangan dampak SLR	Pemodelan banjir pasang surut dengan dengan dibangun dari DEM dan teknik Iterasi dan Interpolasi Titik Ketinggian	Melakukan koreksi titik ketinggian ( <i>Spot Height</i> ) dari citra DEM SRTM Memodelkan dampak genangan dengan menggunakan data prediksi SLR Tuban sebagai data inputan
	Model Kemunduran Garis Pantai dampak SLR	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analisa perubahan garis pantai dengan pendekatan statistik</li> <li>b. Sumberdata garis pantai menggunakan data citra, catatan dinamika perubahan garis pantai</li> <li>c. Sumberdata SLR berasal dari data pasut lokasi penelitian</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analisa perubahan garis pantai dengan Bruun dan Hennecke, kemudian dicari dengan metode error terkecil</li> <li>b. Sumberdata garis pantai menggunakan data peta bathimetri</li> <li>c. Sumberdata SLR berasal dari data pasut lokasi yang mendekati lokasi penelitian</li> </ul>
	Prediksi kerugian ekonomi terhadap kerusakan yang terjadi	Kerugian ekonomi terhadap dampak yang terjadi berdasarkan berdasarkan dengan PDB tanah	Kerugian ekonomi terhadap dampak yang terjadi berdasarkan dengan PDB tanah dan Nilai pasar tanah Kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir (mangrove, udang/potensi tambak, dan pasir laut) berdasarkan valuasi ekonomi yang dikalikan dengan besarnya lahan tergenang
	Penentuan Strategi Adaptasi besarnya dampak	Penyusunan srategie adaptasi terhadap dampak SLR akibat perubahan iklim dengan keterlibatan stakeholder	Penyusunan srategie adaptasi terhadap dampak SLR akibat perubahan iklim dengan menggunakan metode skenario berbasis keterlibatanstakeholder berdasarkan usulan desain. Skenario yang diusulkan adalah dampak kemunduran pada tahun 2050

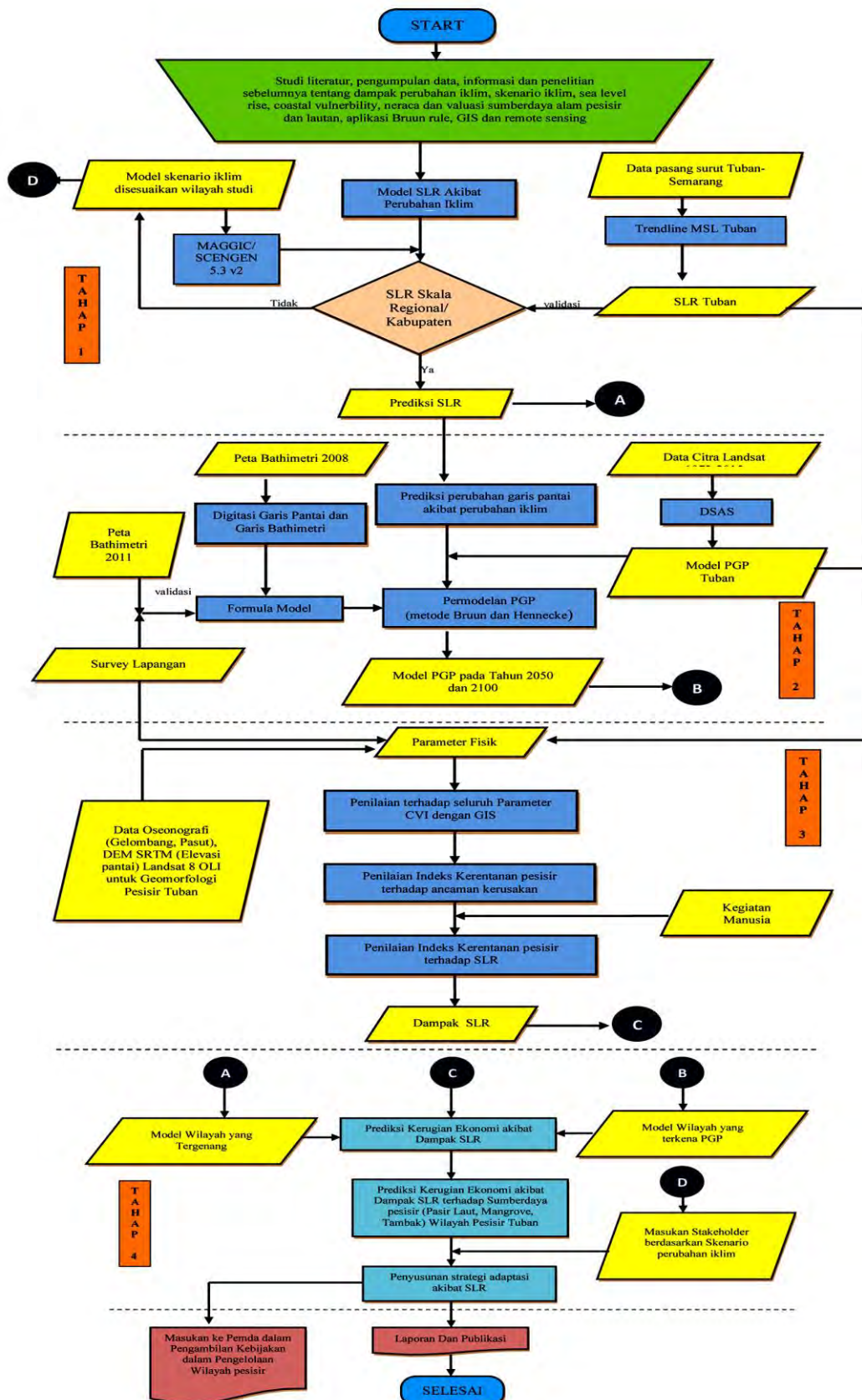
Adapun kedudukan penelitian yang akan dilakukan terhadap penelitian lain seperti tertera pada Gambar 1.1:



Gambar 1.1 Kedudukan Penelitian yang akan Dilakukan

## 1.8 Kerangka Pikir Penelitian

Adapun alur penelitian yang dilakukan seperti tampak pada Gambar 1.2



Sedangkan tahapan, luaran kegiatan dan indikator capaian terukur penelitian dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2 Tahapan dan Luaran Penelitian

No	Uraian Kegiatan	Luaran Kegiatan
1	<p>Model SLR akibat perubahan Iklim</p> <p><u>Metode:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Menentukan model skenario iklim yang di sesuaikan dengan wilayah studi (pengamatan pola curah hujan, tren suhu udara, tren suhu air laut, dan dampak adanya perubahan iklim di wilayah lokal/regional)</li> <li>Menguji skenario iklim terpilih untuk memeprediksi SLR dengan menggunakan software MAGICC/SCENGEN</li> <li>Kalibrasi terhadap SLR output MAGICC/SCENGEN dengan menggunakan data pasang surut 1985-2014</li> </ol> <p><u>Lokasi Penelitian:</u> Pesisir Tuban</p> <p><u>Peralatan:</u> Komputer, Software Magicc/Scengen 5.3 V2, Software Fortran ,software ENVI dan ArcGis</p> <p>Bahan/data yang dibutuhkan Data Pasang Surut</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Skenario kebijakan, skenario emisi sesuai lokasi penelitian dan model GCM yang sudah diuji di Indonesia</li> <li>Model SLR untuk wilayah Tuban</li> <li>Trenline MSL Tuban dan Prediksi SLR Tuban tahun 2050 dan 2100</li> </ol>
2	<p>Prediksi Perubahan Garis Pantai akibat perubahan Iklim</p> <p><u>Metode</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Digital Shoreline Analysis Sistem</i> (DSAS) dengan menggunakan data citra landsat 1972-2015</li> <li>Pemodelan Perubahan Garis Pantai dengan Model Bruun dan Hennecke</li> </ol> <p><u>Lokasi Penelitian:</u> Pesisir Tuban</p> <p><u>Peralatan:</u> Komputer, ArcGis, DSAS, Microsoft Excell, Autocad</p> <p>Bahan/data yang dibutuhkan Citra landsat 1972-2015,Peta Batimetri 2008 yang divalidasi peta bathimetri 2011, data hasil Survey lapangan.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Model perubahan garis pantai Kabupaten Tuban</li> <li>Prediksi Perubahan garis pantai Kabupaten Tuban tahun 2050 dan 2100</li> </ol>
3	<p>Dampak SLR</p> <p><u>Metode :</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Penilaian Indeks kerentanan pesisir (CVI) terhadap ancaman kerusakan dengan menggunakan 10 parameter fisik</li> <li>Penentuan Indeks kerentanan pesisir (CVI) akibat SLR menggunakan 6 parameter fisik dan 6 parameter kegiatan manusia</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peta indeks kerentanan pesisir terhadap ancaman kerusakan di sepanjang pantai Tuban</li> <li>Peta indeks Kerentanan pesisir akibat SLR di</li> </ol>

No	Uraian Kegiatan	Luaran Kegiatan
	<p>c. Penentuan Indeks kerentanan pesisir terhadap dampak SLR dengan menggunakan Matrik CVI</p> <p><u>Lokasi Penelitian:</u> Pesisir Tuban</p> <p><u>Peralatan:</u> Komputer, software ENVI dan Arc Gis, Global Maple, Google earth, Er-Mapper, GPS, Surfer, Microsoft Excell, Autocad</p> <p><u>Bahan/data yang dibutuhkan:</u> Peta Bathimetri, Peta RBI, Citra Satelit Landsat, Citra SRTM-GDEM, data pasang surut, data gelombang, data hasil survey lapangan (kegiatan reklamasi, luas penambangan pasir, perlindungan alami dan panjang struktur pelindung pantai, pola penggunaan lahan, dan lain-lain)</p>	<p>sepanjang pantai Tuban</p> <p>c. Penilaian besarnya dampak SLR di lokasi penelitian di sepanjang pantai Tuban</p>
4	<p>Prediksi kerugian Ekonomi akibat Dampak SLR dan Strategi Adaptasinya</p> <p><u>Metode:</u></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Memproyeksikan SLR pada tahun 2050 dan 2100 dengan genangan yang akan terjadi dengan overlay peta landuse</li> <li>Memproyeksikan kemunduran garis pantai pada tahun 2050 dan 2100 area yang terkena dampak kemunduran tersebut dengan overlay peta landuse</li> <li>Melakukan kalibrasi dan perhitungan kerugian ekonomi dengan Estimasi <i>Direct-Cost (DC)</i> terhadap dampak yang terjadi. terutama dengan menggunakan nilai PDB tanah/m2 dan Nilai market tanah</li> <li>Perhitungan kerugian terhadap sumberdaya pesisir (pasir, mangrove dan tambak)</li> <li>Penyusunan srategie adaptasi terhadap dampak SLR akibat perubahan iklim dengan menggunakan metode skenario berbasis keterlibatan stakeholder terhadap berdasarkan usulan desain</li> </ol> <p><u>Lokasi Penelitian:</u> Pesisir Tuban</p> <p><u>Peralatan:</u> Komputer, Excell</p> <p><u>Bahan/Data yang dibutuhkan:</u> Data penggunaan lahan secara eksisting beserta luasnya sebagai peta landuse PDRB ADHB tahun 2010 – 2015 dan laju pertumbuhan ekonomi Kabupaten Tuban, Harga produksi, harga jual dan biaya operasional dari sumberdaya pesisir</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Peta/Model genangan dampak SLR untuk kabupaten Tuban</li> <li>Peta/ Model Kemunduran Garis Pantai dampak SLR untuk kabupaten Tuban</li> <li>Prediksi kerugian ekonomi terhadap kerusakan yang terjadi</li> <li>Model Strategi Adaptasi sesuai Kabupaten Tuban</li> </ol>

## 1.9 Sistematika Penulisan

Struktur penulisan disertasi ini terdiri dari 9 bab, dan substansi masing-masing bab dijabarkan sebagai berikut

Bab 1 menguraikan latar belakang, perumusan masalah, tujuan dan manfaat dari penelitian. Pada Bab ini juga menguraikan kerangka pemikiran dan keterbaharuan penelitian dalam penelitian ini serta sistematika penulisan

Bab 2 memaparkan *state of the art* penelitian yang didasarkan hasil kajian-kajian ilmiah sebelumnya tentang penentuan skenario iklim (skenario emisi dan model iklim) yang sesuai dengan lokasi penelitian, keuntungan menggunakan software MAGICC/SCENGEN, model-model perubahan garis pantai sebagai dasar analisis dampak kenaikan permukaan laut sebagai implikasi perubahan iklim, metode dan pendekatan yang telah dikembangkan untuk menilai dan mengelola kerusakan dan bahaya pesisir, dan model/metode ekonomi terhadap dampak yang terjadi pada sumberdaya pesisir. Latar belakang teoritis diuraikan untuk menjelaskan teori-teori dasar dan kajian ilmiah yang menjadi rujukan penelitian ini, yakni perubahan iklim dan dampaknya, MAGICC/SCENGEN, skenario iklim, pasang surut, kenaikan muka laut, perubahan garis pantai akibat SLR, parameter kerusakan wilayah pesisir, perhitungan ekonomi terhadap dampak yang terjadi

Bab 3 menyajikan metodologi yang digunakan dalam penelitian. Selain itu dijabarkan variabel-variabel dan analisis yang akan digunakan dalam penelitian.

Bab 4 menjabarkan kondisi eksisting beserta gambaran permasalahan sumberdaya pesisir di Kabupaten Tuban. Kondisi eksisting meliputi kondisi fisik alam, kondisi penggunaan lahan dan kondisi sosial ekonomi masyarakat pesisir, Sedangkan permasalahan sumberdaya pesisir dibedakan menjadi dua yaitu permasalahan lokal yaitu kerusakan fisik yang terjadi di wilayah pesisir kabupaten Tuban dan permasalahan global akibat perubahan iklim.

Bab 5 menguraikan skenario iklim dan model iklim yang sesuai dengan kondisi lokal yang digunakan sebagai dasar untuk memproyeksi model SLR untuk wilayah lokal sehingga dapat menentukan karakteristik kenaikan muka air laut. Dalam bab ini juga dibahas emisi wilayah lokal sebagai dasar penentuan skenario iklim, dan membandingkan hasil curah hujan, temperature dan kenaikan muka air

laut global yang dihasilkan oleh model MAGICC/SCENGEN dengan kondisi lokal.

Bab 6 menunjukkan perubahan garis pantai yang terjadi dilokasi penelitian dan memodelkan perubahan garis pantai akibat kenaikan muka air laut pada tahun 2050 dan 2100 dengan menggunakan model Bruun (1988) dan Henneke (2004) kemudian mencari model yang tepat dengan menggunakan metode error terkecil untuk dapat digunakan memodelkan kerusakan pesisir di masa datang dan prediksi kerugian ekonomi terhadap kerusakan yang terjadi akibat kenaikan muka air laut yang akan dibahas di Bab 8.

Bab 7 melakukan perhitungan kerugian ekonomi berdasarkan model dampak yang terjadi akibat SLR (dampak kemunduran garis pantai dan dampak genangan) dan penyusunan strategi adaptasinya. Kerugian ekonomi dihitung dengan menggunakan Estimasi *Direct-Cost (DC)* terhadap dampak yang terjadi berdasarkan prediksi nilai PDB per unit luas tanah berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha serta prediksi harga jual tanah pada tahun 2050 dan 2100. Dilanjutkan perhitungan kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir yang dapat di perbaharui dan tidak dapat di perbaharui.

Bab 8 menjabarkan beberapa tahapan penilaian kerentanan pesisir terhadap ancaman kerusakan dan terhadap SLR sebagai dampak dari perubahan iklim dengan menggunakan beberapa parameter kerentanan pesisir, dan dilanjutkan memodelkan penilaian kerentanan untuk mempermudah memperoleh gambaran kerentanan wilayah pesisir. Kemudian mencari prioritas besarnya dampak SLR yang terjadi dilanjutkan dan penyusunan strategi adaptasi terhadap dampak SLR akibat perubahan iklim dengan menggunakan metode skenario berbasis keterlibatan stakeholder berdasarkan usulan desain sehingga memperoleh strategi adaptasi terhadap dampak SLR yang dapat memelihara proses pesisir secara alamiah, lestari dan berkelanjutan.

Pada Bab 9 dikemukakan originalitas dan kontribusi penelitian serta simpulan terhadap berbagai hasil analisis dan pembahasan pada bab-bab sebelumnya. Dalam simpulan ini disampaikan hasil penelitian yang selaras dengan tujuan penelitian disertasi.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 *State of The Art* Penelitian**

##### **2.1.1 Penentuan skenario iklim (skenario emisi dan model iklim global) yang sesuai dengan lokasi penelitian dengan menggunakan software MAGICC/SCENGEN 5.3**

Kajian perubahan iklim dapat dilakukan dengan menggunakan model iklim global (*Global Climate Model/GCM*). Model iklim ini dimanfaatkan sebagai alat untuk memahami iklim melalui simulasi dan membuat proyeksi perubahan iklim masa mendatang berdasarkan skenario perubahan emisi. Namun resolusi GCM yang rendah tidak dapat memberikan informasi yang detail untuk kajian perubahan iklim skala lokal atau regional. Salah satu kelemahan GCM inilah dapat menyebabkan simulasi data berubah, sehingga untuk menghasilkan output dengan skala yang lebih kecil diperlukan suatu alat atau software yang membantu antara lain USCLIMATE, WGEN, GEM, CLIMGEN, SDSM, Lars-WG, MAGICC/SCENGEN. Beberapa peneliti melakukan penelitiannya dengan menggunakan software-software tersebut antara lain: Wilby *et al.* (2002) melakukan inovasi SDSM model dengan skala yang lebih sempit untuk penyajian curah hujan dan suhu dengan metode statistic; Johnson *et al.* (1996) yang memperkirakan kronologis harian seri curah hujan, temperatur, titik embun, angin & radiasi matahari untuk daerah yang berbeda dengan US CLIMATE dan CLIMGEN. Harmel *et al.* (2002) membuat sebuah pola untuk suhu maksimum & minimum dengan US CLIMATE; MCKague (2003) melakukan simulasi parameter meteorology dengan CLIMGEN; Babaeian *et al.* (2004) mengevaluasi perubahan iklim korea dengan model LAR-WG untuk tahun 2010-2039.

Software MAGICC/SCENGEN (*Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change/SCENario GENerator*) telah digunakan jauh sebelumnya untuk beberapa penelitian yang berhubungan dengan dampak perubahan iklim. Beberapa peneliti yang memanfaatkan MAGICC/SCENGEN dalam penelitiannya antara lain: untuk mensimulasikan perubahan iklim masa

depan dan dampaknya dalam berbagai bidang pertanian, peternakan, kehutanan sumberdaya air, pemukiman manusia dan keanekaragaman jenis (Gusev and Nasonova, 2007; Roy *et al.*, 2009; Conde *et al.*, 2011; Roshan dan Grab, 2012), berbagai masalah ekologi (Fordham *et al.*, 2012), bidang konsumsi energi dan emisi serta peningkatan jumlah gas rumah kaca (Miller *et al.*, 2006; Roshan *et al.*, 2011; Lazar *et al.*, 2006). Beberapa proyek untuk perubahan iklim menggunakan MAGICC/SCENGEN untuk *downscale* data global ke tingkat regional dan lokal. Karena proyeksi kondisi iklim di masa depan sangat bergantung pada kegiatan manusia di masa mendatang kegiatan, model-model iklim dijalankan dengan menggunakan skenario iklim. Di samping itu IPCC merekomendasikan menggunakan model yang dikembangkan oleh Hulme *et al.* (2000) karena cukup mampu meniru berbagai macam model. Ini adalah alasan utama mengapa IPCC terus menggunakannya bahkan di AR4 untuk menghasilkan proyeksi suhu global dan kenaikan permukaan laut (*sea level rise*/SLR) (IPCC, 2007<sup>a</sup>).

Dalam penggunaannya software MAGICC/SCENGEN ini membutuhkan skenario iklim. Menurut IPCC (2000), skenario iklim adalah alternatif kejadian logis di masa datang yang konsisten terhadap beberapa asumsi emisi gas rumah kaca (GRK) atau berdasarkan sekumpulan asumsi yang spesifik. Sedangkan menurut Dessai *et al.* (2005), skenario iklim merupakan alat untuk menilai hubungan antara perubahan iklim dan tujuan riset, dan untuk mengidentifikasi ambang batas dampak yang akan dianalisis untuk risiko. Dalam pendekatan ini skenario iklim bukanlah pusat penilaian, tetapi mereka dapat mendukung ambang identifikasi, kuantifikasi ketidakpastian dan perencanaan tindakan untuk mengurangi risiko. Peran skenario iklim di perencanaan adaptasi mungkin relevan atau tidak relevan tergantung pada pendekatan penilaian adaptasi. Dalam menghadapi kondisi perubahan iklim. IPCC (2001<sup>b</sup>) menerbitkan satu set skenario untuk digunakan dalam laporan yang ketiga (*Third Assessment Report/TAR*) yang disebut sebagai *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). Skenario SRES memiliki 4 famili skenario, yaitu A1, A2, B1, dan B2.

Penggunaan MAGICC/SCENGEN dengan skenario dan model iklim yang berbeda-beda. digunakan untuk memproyeksi suhu dan curah hujan di masa mendatang, baik untuk proyeksi skala global maupun regional. Penelitian skala

global antara lain: Nurmohamed and Naipal (2006) menggunakan 4 skenario iklim SRES (A1, A2, B1, B2) dan 5 AOGCM pada daerah Suriname. Abbasi *et al.* (2011) dengan 2 model sirkulasi umum (GCM) dan 18 skenario iklim yang disetujui IPCC untuk negara Iran. Roshan *et al.* (2011) juga negara Iran yang hanya menggunakan 2 skenario iklim dan 2 model GCM. Ross and Matthews (2009) memperkirakan laju perubahan suhu selama beberapa dekade mendatang dengan skenario iklim A1B-AIM. Thoeun (2015) menggunakan 2 skenario emisi SRES A2 dan B2 untuk negara Kamboja. Sedang untuk skala regional yaitu Bouregaa and Fenni (2013) untuk daerah tinggi aljazair dengan dua skenario emisi SRES A2 dan B2 dan 4 model iklim GCM. Untuk wilayah Indonesia antara lain Susandi (2006<sup>b</sup>); Sarah dan Tohari (2009); Kurniawan dkk. (2008) dengan menggunakan skenario. Berdasarkan riset-riset diatas menunjukkan bahwa MAGICC/SCENGEN digunakan untuk mensimulasikan perubahan iklim regional dengan mengkaji perubahan iklim global diperlukan skenario dan model iklim yang berbeda-beda. Penetapan skenario serta model iklim yang dipilih disesuaikan dengan lokasi penelitian dan dampak yang ditimbulkan, Oleh karena itu dalam penelitian ini perlu ditetapkan skenario dan model iklim yang tepat sesuai dengan lokasi penelitian, dengan skenario dan model iklim yang tepat maka akan diperoleh proyeksi dampak perubahan iklim yang lebih akurat. Menurut Susandi (2006<sup>b</sup>) MAGICC/SCENGEN dapat digunakan untuk memproyeksi perubahan iklim dengan cepat pada wilayah yang lebih sempit namun skenario iklim harus tepat.

Penelitian yang menggunakan MAGICC/SCENGEN untuk mengkaji SLR secara global dan memproyeksi SLR regional/lokal dengan menggunakan skenario iklim, emisi dan kebijakan disesuaikan dengan wilayah regional/lokal adalah Kont *et al.*(2003) memvalidasi proyeksi SLR model dengan menggunakan hipotesa kenaikan muka laut di beberapa wilayah pesisir Estonia sebesar 1 m dengan patokan dihitung pada stasiun paling terkena gelombang dan badai. Sedang untuk wilayah Indonesia adalah Susandi dkk.(2008<sup>a</sup>) memproyeksi SLR untuk wilayah Delta Banjarmasin dimana data keluaran SLR model dikalibrasi dengan menggunakan data *time series* SLR yang dikeluarkan oleh TOPEX/JASON dan Mahmud (2004) memproyeksi SLR seluruh perairan

Indonesia sesuai SLR yang dihasilkan model. Dalam penelitian ini validasi model SLR menggunakan data pasang surut di lokasi penelitian

### **2.1.2 Memodelkan perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak SLR sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir lokasi Penelitian**

Dalam mengembangkan model perubahan garis pantai sangat dibutuhkan data yang lengkap dan berkesinambungan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat. beberapa penelitian untuk model perubahan garis pantai memang sudah banyak dilakukan antara lain: penelitian yang mengamati tren perubahan garis pantai berdasarkan geomorfologi pantai dengan menggunakan data citra multitemporal, peta berbeda tahun dan foto udara yaitu Rio *et al.* (2013) mengamati perubahan garis pantai pada pantai berpasir pantai tertutup, pantai berkarang daerah tanjung dan teluk. Brooks *et al.* (2012) menunjukkan kemunduran garis pantai untuk pantai bertebing berbatu keras dan berbatu lunak; Houser and Mathew (2011) memantau perubahan garis pantai pada morfologi pada pantai gundukan pasir. Sedangkan penelitian yang memantau tren perubahan garis pantai sebagai indikator tren perubahan masa depan baik disebabkan faktor alam dan antropogenik dengan data survey lapangan yaitu Restrepo (2012) menjelaskan penyebab terbesar perubahan garis pantai karena kekuatan alam dan manusia. Beetham and Kench (2014) menunjukkan perubahan garis pantai dikendalikan oleh tinggi gelombang dan arah angin; Hapke *et al.* (2013) menunjukkan bahwa aktivitas manusia yang berhubungan dengan menciptakan dan memelihara infrastruktur pesisir dapat mengubah perilaku alami dari pantai lebih dari ratusan kilometer dan rentang waktu lebih dari satu abad. Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dan lebih mempermudah pemantauan perubahan garis pantai beberapa peneliti menggunakan catatan sejarah dinamika garis pantai diantaranya: Carrasco *et al.* (2012); Montreuil and Bullard (2012); González-Villanueva *et al.* (2013); Jabaloy-Sánchez *et al.* (2014); dan Oyedotun (2014). Oleh karena tidak lengkapnya data dalam penelitian ini baik berupa catatan mengenai perubahan garis pantai, bentuk geomorfologi pantainya maupun data-data oseanografi, maka untuk mengamati tren perubahan garis pantai dengan

memperhatikan geomorfologi pantainya menggunakan data citra multitemporal dan survey lapangan

Sumber data yang digunakan untuk memprediksi SLR masa depan beberapa penelitian menggunakan data pasang surut (Zhang *et al.*, 2004; Webb and Kench, 2010; Romine *et al.*, 2013; Gutierrez *et al.*, 2011; Garcin *et al.*, 2013; Yates *et al.*, 2012), data altimetry (Shearman *et al.*, 2013), data penurunan tanah akibat aktifitas manusia (Yates, 2013; Le Cozannet *et al.*, 2013). Hasil penelitian menunjukkan peran yang berbeda-beda terhadap perubahan garis pantai, antara lain SLR bertanggung jawab atas erosi garis pantai (Zhang *et al.*, 2004), SLR mempengaruhi mundurnya garis pantai (Shearman *et al.*, 2013; Gutierrez *et al.*, 2011; Romine *et al.*, 2013; Yates dan Le Cozannet, 2012), SLR tidak mempengaruhi terjadinya erosi (Webb and Kench, 2010), SLR adalah kurang penting dibandingkan faktor lainnya seperti pasokan sedimen digunakan sebagai penambangan (Garcin *et al.*, 2013). Pada penelitian ini mengingat data pasang surut dari badan pemerintah (bakosurtanal) yang ada hanya beberapa tahun maka dilakukan prediksi data pasang surut lokasi penelitian dari data pasang surut pada daerah daerah yang mendekati, hasilnya di validasi dengan data hasil Model MAGICC.

Beberapa peneliti melakukan pengamatan perubahan garis pantai dampak SLR dengan membandingkan hasil model dengan survey atau pengukuran langsung di lapangan, adapun model yang digunakan untuk mengevaluasi dampak SLR adalah model Bruun (Allen, 1981; Inman and Dolan, 1989; Zhang *et al.*, 2004; Corbella and Stretch, 2012; Aagaard and Sorensen, 2013), model terendam pasif (Chust *et al.*, 2009; Brunel and Sabatier, 2007; 2009) dan model erosi tebing (Brooks and Spencer, 2012). Dalam penelitian ini model yang digunakan untuk melakukan prediksi perubahan garis pantai akan datang menggunakan model modifikasi Bruun dan Hannecke. Beberapa penelitian seperti: Cooper dan Pilkey (2004) menjelaskan penerapan hukum bruun untuk saat ini jika dihubungkan dengan sea level rise dan kemunduran garis pantai harus modifikasi, karena hukum Bruun sangat di batasi, artinya teori ini hanya bisa diterapkan di sebagian kecil pantai berukuran kecil dan mengabaikan variable penting yaitu oceanographic/geological. Modifikasi pada aturan Bruun juga dilakukan olah

Rollason *et al.* (2010) dengan menambahkan pergerakan sedimen, Ranasinghe *et al.* (2012) menggunakan data series badai dan Rosati *et al.* (2013) dengan data sediment transport. Yoshida *et al.* (2013) menambahkan kelerengan pantai, tinggi gelombang signifikan, penurunan tanah, dan sea level rise yang diolah dari data IPCC SRES A1B. Model Hennecke sendiri merupakan modifikasi model Bruun, dimana penelitian Hennecke dan Cowell (2000) mengadaptasi model Bruun (Bruun, 1962, 1988) dengan mengabungkan Model Bruun dalam GIS (Bruun-GIS) dan Memasukkan Luas area yang tereorosi dengan menghitung volume sedimen yang masuk, sedangkan Hennecke (2004) merupakan perkembangan model Hennecke dan Cowell (2000) dengan menambahkan volume sedimen yang masuk terdiri dari sedimen laut yang diangkut oleh arus pasang dan gelombang, sedimen fluvial yang diangkut aliran sungai, dan sedimen tetap yang mengakibatkan perubahan garis pantai.

Prediksi perubahan garis pantai akibat SLR sebagai implikasi dampak perubahan iklim dalam penelitian ini, karena tidak adanya catatan tentang dinamika garis pantai maupun data-data oceanografi di lokasi penelitian, maka untuk mengamati adanya tren perubahan garis pantai menggunakan data citra satelit multitemporaldengan memperhatikan bentuk geomorfologi pantainya berdasarkan hasil survey lapangan. Sedangkan untuk memprediksi perubahan yang terjadi di masa depan menggunakan model bruun dan hennecke menggunakan peta bathimetri. Modifikasi Bruun dilakukan dengan menggunakan data prediksi sea level rise yang dihasilkan dari data prediksi pasang surut dari lokasi penelitian yang sudah divalidasi model MAGICC dengan menggunakan skenario dan model iklim yang sesuai dengan lokasi penelitian. sedangkan jarak dan kedalaman profil pantai ke depth of closure menggunakan peta bathimetri, tinggi pantai hasil langsung pengukuran di lapangan. Modifikasi Hennecke dilakukan pada volume sedimen total berasal dari data prediksi sea level rise yang dihasilkan dari data prediksi pasang surut dari lokasi penelitian yang sudah divalidasi Model MAGICC dengan menggunakan skenario dan model iklim yang sesuai dengan lokasi penelitian, sedangkan panjang pantai yang tererosi berasal dari rata-rata panjang kemunduran garis pantai dari hasil tren perubahan garis pantai menggunakan data citra multitemporal. sedangkan tinggi bukit pantai

merupakan hasil langsung pengukuran di lapangan. Penelitian model perubahan garis pantai sangat penting dilakukan untuk dapat memprediksi perubahan yang terjadi di masa mendatang dan merupakan langkah yang paling penting dan diperlukan sebagai inputan untuk mengetahui tingkat kerusakan sumberdaya pesisir. Sehingga diharapkan dapat digunakan sebagai dasar untuk memprediksi perubahan garis pantai di wilayah pesisir lainnya bahkan dapat digunakan untuk menentukan langkah-langkah penanggulangan dan adaptasi.

### **2.1.3 Mengembangkan model kerusakan sumberdaya pesisir sebagai pendukung analisis fisik dan sosial ekonomi dari SLR**

Beberapa metodologi dan pendekatan yang berbeda telah dikembangkan untuk menilai dan mengelola kerusakan dan bahaya pesisir. Metode berbasis indeks dan indikator, metode berbasis GIS dan model komputer dikembangkan untuk tujuan dan kebutuhan yang berbeda berdasarkan data dan keahlian. Metode berbasis indeks dan indikator seperti Indeks Kerentanan Pesisir (*Coastal Vulnerability Index/CVI*) sampai saat ini pilihan yang paling realistis untuk digunakan di wilayah dengan minimal data. Namun data yang ada tidak dapat langsung digunakan untuk mengidentifikasi kerusakan suatu daerah atau daerah rawan bencana maupun untuk pengelolaan, masih memerlukan cara, metode dan input data yang lebih rinci. Beberapa penelitian baru yang mengembangkan penilaian dan pengelolaan kerusakan dan bahaya pesisir terkait penentuan parameter terkait CVI terhadap SLR dengan metode penentuan indeks kerentanan pesisir modifikasi dari Gornitz *et al.* (1994) dan Pendleton *et al.* (2005) antara lain Denner *et al.* (2015); Bagdanaviciut *et al.* (2015); Murali *et al.* (2013); Pamela *et al.* (2010). Sedangkan Thacher *et al.* (2013) mengembangkan indeks kerentanan ekonomi pesisir (*Coastal Economic Vulnerability Index/CEVI*).

Pada penelitian ini CVI terhadap ancaman kerusakan menggunakan modifikasi beberapa peneliti yaitu Thieler and Hammar-Klose, (2000); Gornitz *et al.* (1997); Pendleton *et al.* (2005); Boruff *et al.* (2005); DKP, (2004); Abuodha dan Woodroffe, (2006) Penentuan Indeks kerentanan pantai terhadap Sea Level Rise merupakan modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) dan Özyurt (2007)

#### **2.1.4 Menentukan strategi adaptasi sebagai dasar analisis opsi kebijakan pengelolaan penggunaan lahan pesisir sehingga didapatkan penataan pemanfaatan lahan yang lestari.**

Beberapa kebijakan pengelolaan pantai harus dilakukan demi mengantisipasi perubahan iklim. Identifikasi, pandangan dan pendapat dari para stakeholder serta pertimbangan para peneliti dalam penilaian menyeluruh tentang keputusan tentang tata kelola oleh pemerintah harus dibuat agar menghasilkan sebuah pendekatan baru dalam sistem pengelolaan pantai untuk saat ini dan di masa yang akan datang. Menurut Tompkins *et al.* (2008) dengan menggunakan pendekatan keterlibatan stakeholder berbasis skenario (*Scenario Based Stakeholder Engagement/SBSE*) yang kini telah banyak diperkenalkan di negara maju, berisi lima elemen kunci, beberapa di antaranya terjadi secara bersamaan; dan mengidentifikasi berbagai prioritas yang memuat lima instrumen; 1) identifikasi stakeholder; 2) pencakupan dampak; 3) pengembangan penelitian tentang kriteria dan skenario masa depan; 4) membuka ruang konsultatif koordinatif untuk mencapai tujuan; dan 5) memperkenalkan (sosialisasi) berbagai prioritas kebijakan tersebut (Klein *et al.*, 2001; Hawkes *et al.*, 2003; Myatt *et al.*, 2003; Ledoux *et al.*, 2005).

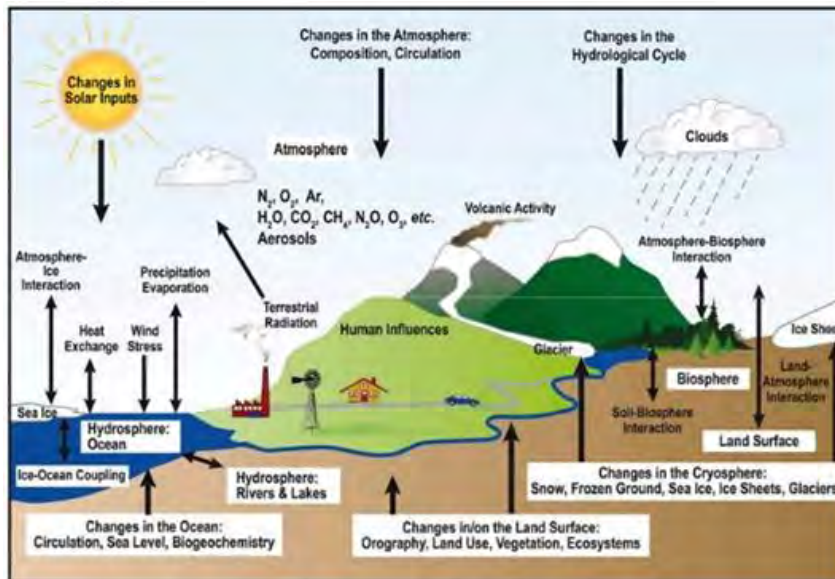
## **2.2 Latar Belakang Teoritis**

### **2.2.1 Fenomena Perubahan Iklim**

Iklim (dari Yunani Kuno *klima*, yang berarti *inclinasi/kemiringan*) umumnya didefinisikan sebagai cuaca rata-rata selama jangka waktu yang panjang dengan periode rata-rata standar 30 tahun (IPCC, 2001<sup>b</sup>), tetapi periode lainnya dapat digunakan tergantung pada tujuan (IPCC, 2007<sup>b</sup>). Iklim adalah statistik (biasanya, rata-rata atau variabilitas) dari cuaca, dengan interval waktu 30 tahun (Baede, 2015). Sedangkan Goosse *et al.* (2010) menjelaskan bahwa definisi iklim harus memperhitungkan fakta bahwa keadaan atmosfer dipengaruhi oleh berbagai proses yang melibatkan tidak hanya keadaan di atmosfer tetapi juga laut, es laut, vegetasi, dan lain-lain. Iklim berbeda dari cuaca, dalam cuaca yang hanya menggambarkan kondisi jangka pendek variabel tersebut di suatu wilayah. (Shepherd *et al.*, 2004; Baede, 2015). Pola iklim memainkan peran mendasar



dalam membentuk ekosistem alam, dan ekonomi manusia dan budaya yang bergantung pada mereka (IPCC, 2001<sup>a</sup>)

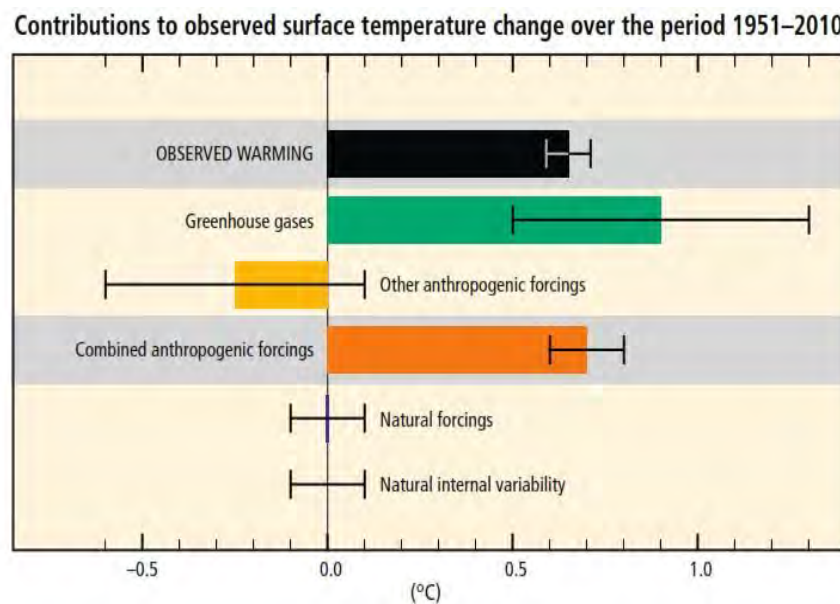


Gambar 2.1 Skematik komponen sistem iklim dan perubahan potensi mereka.  
Sumber : IPCC (2007<sup>c</sup>); Goosse *et al.*(2010)

Beberapa variasi iklim jangka pendek adalah normal, namun tren jangka panjang dapat menunjukkan perubahan iklim. Perubahan iklim adalah perubahan statistik dari pola cuaca saat itu dan perubahan berlangsung untuk jangka waktu tertentu (puluhan tahun sampai jutaan tahun). Perubahan iklim bisa merujuk ke perubahan kondisi cuaca rata-rata, atau kondisi ekstrim cuaca dalam jangka panjang (IPCC, 2007<sup>a</sup>). Sedangkan Konvensi Kerangka Kerja Perubahan Iklim (*United Nations Framework Convention on Climate Change/UNFCCC*), di dalam Pasal 1, “mendefinisikan perubahan iklim disebabkan secara langsung atau tidak langsung oleh kegiatan manusia yang mengubah komposisi atmosfer global dan variabilitas iklim alami yang diamati sebanding dengan periode waktu”. Sehingga UNFCCC membuat perbedaan antara perubahan iklim disebabkan aktivitas manusia mengubah komposisi atmosfer, dan variabilitas iklim disebabkan penyebab alami. (Baede, 2015).

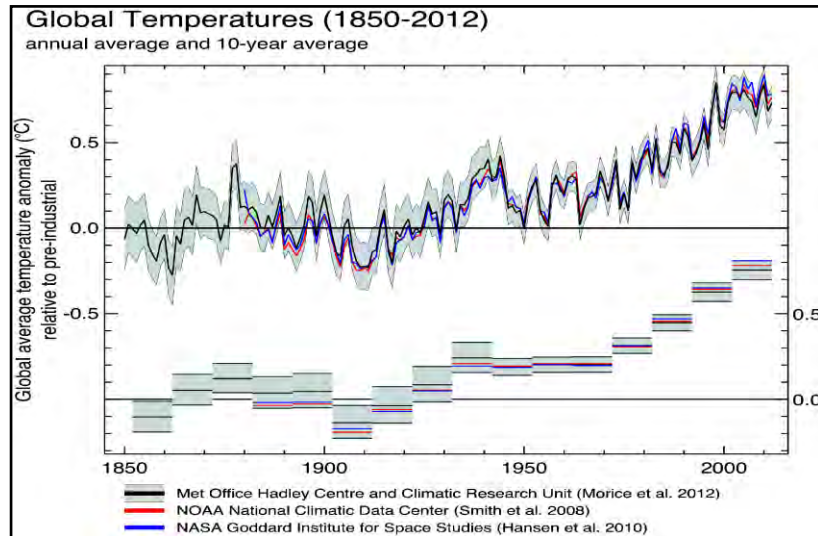
Faktor-faktor penyebab alami perubahan iklim seperti proses biotik, variasi radiasi matahari yang diterima oleh bumi, lempeng tektonik, dan letusan gunung berapi. Kegiatan manusia tertentu juga telah diidentifikasi sebagai penyebab signifikan dari perubahan iklim baru-baru ini, sering disebut sebagai "Pemanasan Global/*Global Warming*" (IPCC, 2007<sup>a</sup>). IPCC (2013) menyebutkan

penyebab perubahan iklim bumi secara global adalah perubahan keseimbangan energi bumi, variasi energi matahari mencapai bumi, perubahan reflektifitas atmosfer bumi dan permukaan, dan perubahan efek rumah kaca, yang mempengaruhi jumlah panas yang ditahan oleh atmosfer bumi. Namun Perubahan iklim baru-baru ini tidak dapat dijelaskan oleh sebab-sebab alamiah saja. Penelitian menunjukkan bahwa penyebab alami adalah pemanasan yang diamati sejak pertengahan abad ke-20 bahwa aktivitas manusia menjadi penyebab dominan dari pemanasan global (Gambar 2.2)



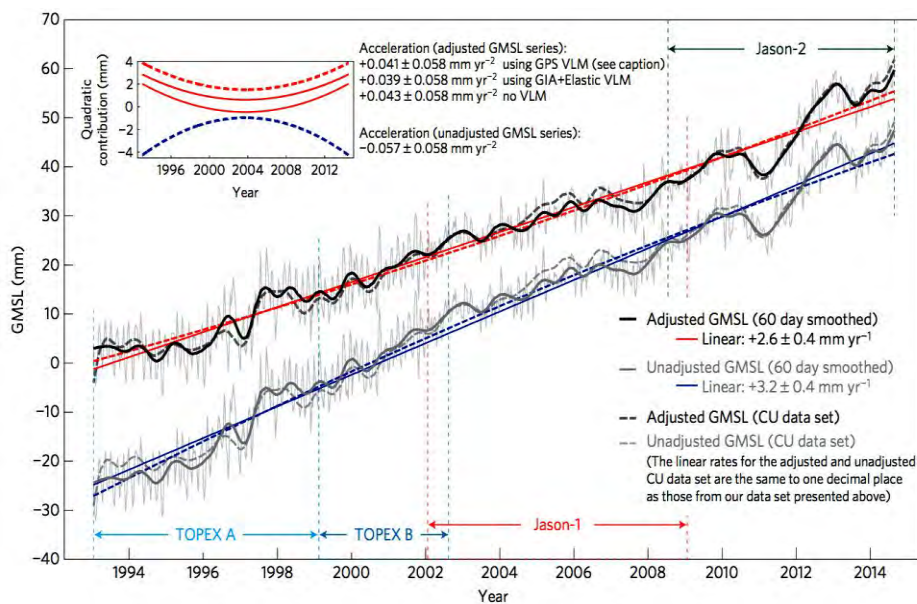
Gambar 2.2. Penyebab Kenaikan Temperatur (1951-2010)  
Sumber : IPCC (2014)

Pengamatan selama 157 tahun terakhir (IPCC, 2007<sup>c</sup>) menunjukkan bahwa suhu permukaan bumi mengalami peningkatan sebesar 0,05 °C/dekade. Selama 25 tahun terakhir peningkatan suhu semakin tajam, yaitu sebesar 0,18 °C/decade. (IPCC, 2014) menunjukkan suhu meningkat di permukaan bumi pada tiga dekade terakhir yaitu sejak 1850, periode 1983-2012 kemungkinan periode 30-tahun terpanas dari 1400 tahun terakhir di belahan bumi utara. Data rata-rata global (gabungan suhu darat dan laut suhu permukaan) yang dihitung oleh tren linier menunjukkan pemanasan dari 0,85 (0,65-1,06)°C selama periode 1880-2012. (lihat Gambar 2.3).

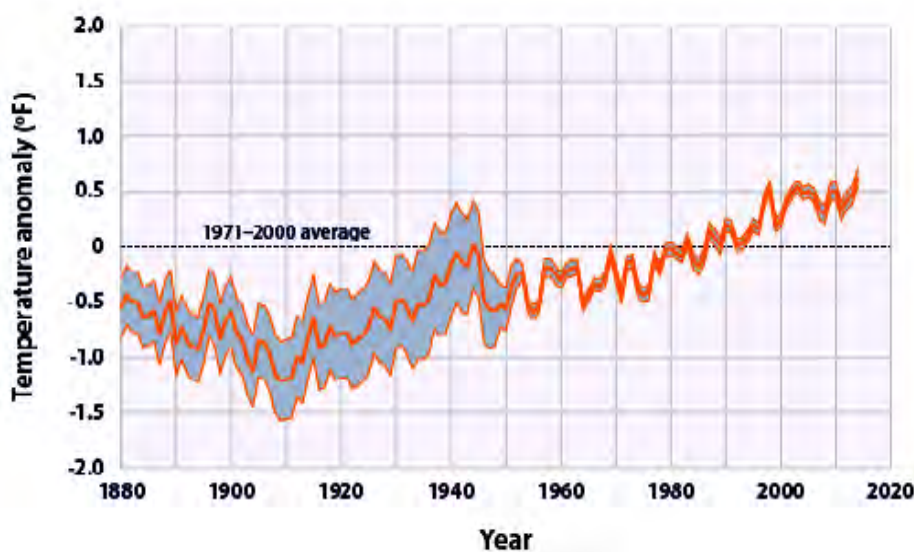


Gambar 2.3 Kenaikan suhu rata-rata bumi 1850-2012  
Sumber : IPCC (2014)

Gejala pemanasan global selain meningkatnya suhu permukaan bumi, juga terlihat dari meningkatnya suhu lautan, naiknya permukaan laut, pencairan es dan berkurangnya salju di belahan bumi utara. Kegiatan manusia yang diidentifikasi sebagai penyebab signifikan dari perubahan iklim berkontribusi pula terhadap kenaikan permukaan laut yang diamati pada pertengahan abad ke-20 (Hegerl *et al.*, 2006). IPCC (2013) menyimpulkan kenaikan permukaan laut telah meningkat selama dua abad terakhir, dan ada kemungkinan bahwa GMSL (*Global Mean Sea level*) telah dipercepat sejak awal 1900-an. Kenaikan muka laut bisa mempengaruhi populasi manusia di wilayah pesisir dan pulau dan lingkungan alam seperti ekosistem laut kenaikan suhu air laut, pencairan gletser dan lapisan es, masuknya air sungai dan tanah ke laut). SLR diperkirakan akan terus berlanjut selama berabad-abad (Bindoff *et al.*, 2013; Fischlin; *et al.*, 2007). Watson *et al.*(2015) membandingkan laporan IPCC (2013) dengan kenaikan permukaan laut 3.2 mm per tahun menggunakan satelit altimetri (garis biru) dari hasil pengukuran langsung dengan kenaikan muka laut menggunakan data pergerakan tanah (garis merah) seperti pada Gambar 2.4. Perubahan suhu permukaan laut juga dapat menggeser siklus badai, berpotensi memberikan kontribusi kekeringan dan menurunnya jumlah curah hujan di beberapa daerah (IPCC, 2013). NOAA (2015) menggambarkan suhu permukaan laut meningkat selama abad ke-20 terus meningkat. peningkatan suhu permukaan laut 1880- 2014 rata-rata 0,13 ° F per dekade, seperti tampak pada Gambar 2.5



Gambar 2.4 Rata-rata *Sea level rise* Global dari 1993 to 2014.  
 Sumber: Watson et al. (2015).



Gambar 2.5 Rata-rata Kenaikan suhu permukaan laut global (1880-2014)  
 Sumber : NOAA ,2015

Perubahan iklim merupakan tantangan multidemensi yang paling serius, kompleks dan dilematis yang dihadapi umat manusia pada awal abad ke-21 bahkan mungkin hingga abad ke-22. Seberapa besar dan sekuat apapun kemampuan suatu bangsa, tidak akan sanggup mengatasi tantangan perubahan iklim yang terjalin erat dengan perilaku dan gaya hidup manusia, keputusan politik, pola pembangunana, pilihan teknologi, kondisi social ekonomi dan kesepakatan internasional. Dampak negatifnya cepat meluas dari tingkat global

hingga tingkat lokal yang terpencil sekalipun. Pada skala lokal, pemahaman perubahan iklim di masyarakat Indonesia berbeda-beda (Sucahyono dan Aldrian, 2012). Bagi para petani, perubahan iklim diartikan musim hujan dan kemarau yang semakin sering dan tidak menentu, yang dapat mengganggu aktivitas petani dan mengancam hasil panen. Sementara bagi para nelayan, perubahan iklim diartikan sebagai susahnya membaca tanda-tanda alam (angin, suhu, astronomi, biota, arus laut) karena terjadi perubahan dari kebiasaan sehari-hari, sehingga nelayan sulit memprediksi daerah, waktu, dan jenis tangkapan. Bagi masyarakat yang tinggal di wilayah pesisir perubahan iklim menyebabkan laut semakin dekat dengan rumah mereka. Bagi masyarakat umum, perubahan iklim dipandang sebagai ketidakteraturan musim.

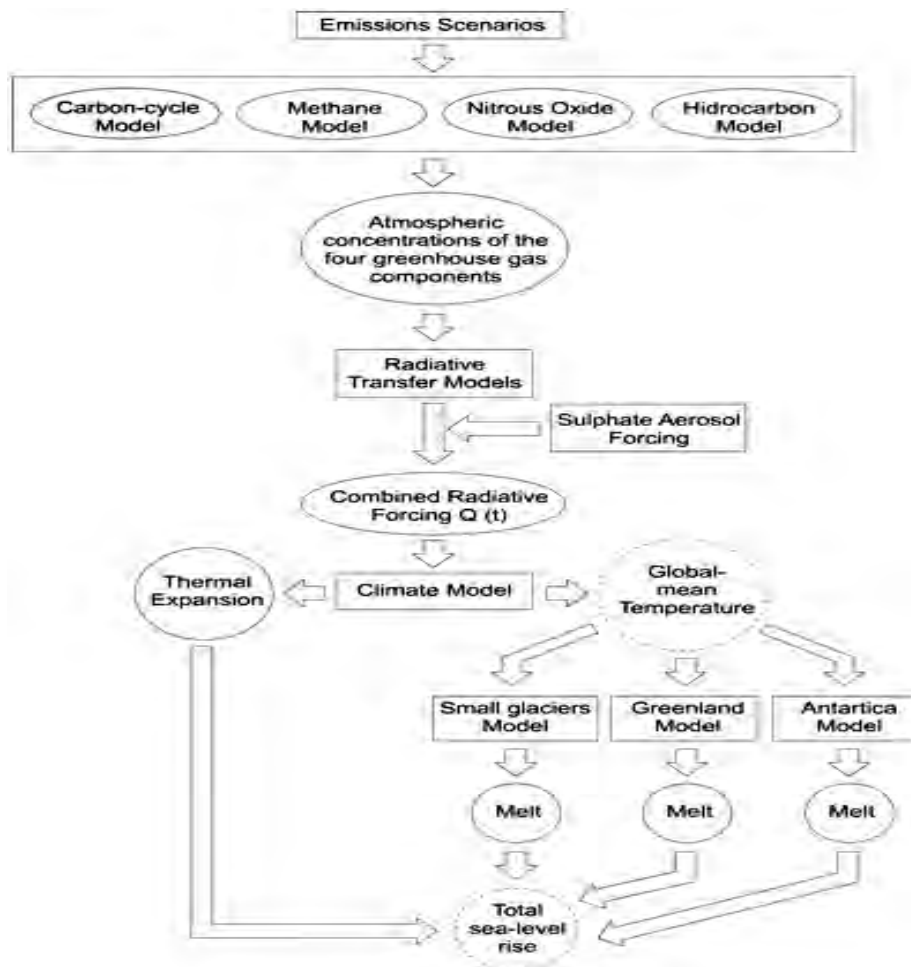
Sesuai Laporan UNDP (2007) tampaknya di Indonesia perubahan iklim akan makin memperparah berbagai masalah iklim yang sudah ada. Indonesia sudah begitu rentan terhadap begitu banyak ancaman yang berkaitan dengan iklim seperti banjir, kemarau panjang, angin kencang, longsor, dan kebakaran hutan. Kini semua itu dapat bertambah sering dan bertambah parah. Di sektor kelautan perubahan iklim mengakibatkan kenaikan suhu permukaan air laut; peningkatan frekuensi dan intensitas cuaca ekstrim; perubahan pola curah hujan dan limpasan air tawar yang dipicu oleh fenomena *El-Nino* dan *La-Nina*; perubahan pola sirkulasi laut dan kenaikan muka air laut. Dampak perubahan iklim di sektor kelautan dapat dirasakan lebih parah oleh masyarakat pesisir yang bermata pencaharian sebagai petani tambak atau nelayan, antara lain:

### **2.2.2 MAGICC/SCENGEN 5.3**

Menurut Wigley and Raper (2005), MAGICC (*Model for the Assessment of Greenhouse-gas Induced Climate Change*) adalah model sederhana yang dikembangkan dan dimodifikasi untuk menghasilkan perubahan suhu global dan SLR secara global dengan skenario iklim yang dipilih; sedangkan SCENGEN (*Regional Climate SCENario GENerator*) menggunakan hasil dari MAGICC dalam kombinasi dengan *Regional Scaling Factor* (RSF) untuk menghasilkan Data spasial (grid derajat bujur-lintang 5x5) informasi mengenai perubahan suhu dan curah hujan, perubahan variabilitas mereka, dan berbagai statistik lainnya.



Kombinasi MAGICC/SCENGEN, direkomendasikan oleh IPCC untuk lokal, regional dan nasional seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.6 .



Gambar 2.6 Skema Ilustrasi Iklim Global dan Kenaikan Muka Air Laut pada MAGICC

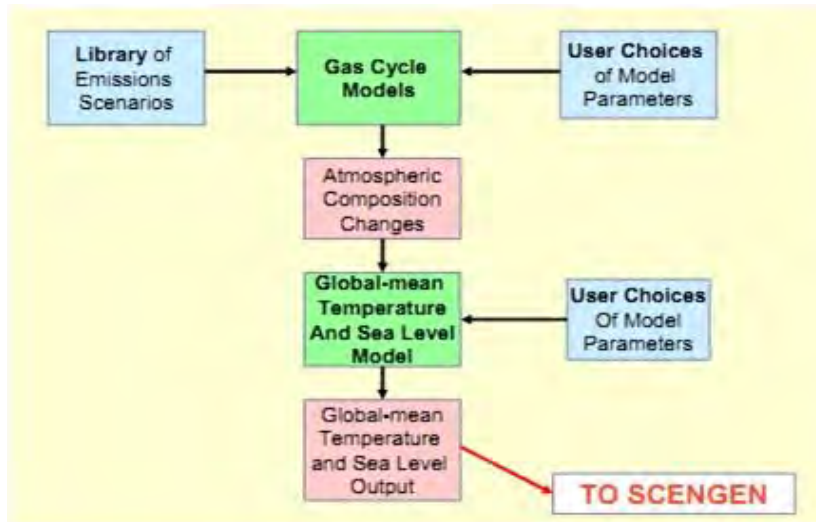
Sumber: Wigley dan Raper (2005)

Tujuan dari penggunaan software MAGICC/SCENGEN yang dikembangkan oleh Hulme *et al.* (2000) ini adalah :

- Memodelkan skenario iklim
- Melakukan investigasi mengenai dampak dari alternatif skenario emisi yang telah ditetapkan untuk penentuan temperature global dan perubahan iklim secara regional di masa depan
- Alat edukasi untuk isu perubahan iklim
- Akses untuk permodelan iklim dan mengobservasi basis data iklim

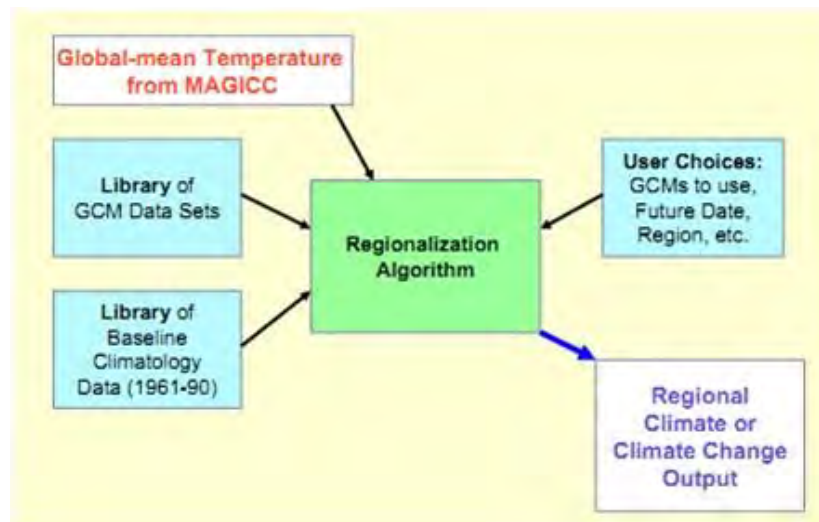
- Melakukan eksplorasi dari scenario emisi untuk menentukan proyeksi perubahan iklim regional dan global di masa depan

Cara kerja MAGICC/SCENGEN seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7 dan 2.8,



Gambar 2.7 Skema Model MAGICC

(Sumber: [http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/cmip\\_abstracts/wigley03.pdf](http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/cmip_abstracts/wigley03.pdf))



Gambar 2.8 Skema Model SCENGEN

(Sumber: [http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/cmip\\_abstracts/wigley03.pdf](http://www.pcmdi.llnl.gov/projects/cmip/cmip_abstracts/wigley03.pdf))

Gambar 2.7 dan 2.8 menunjukkan skenario emisi yang dipilih sesuai Laporan IPCC ketiga (IPCC, 2001<sup>b</sup>) yang menjelaskan sekitar 40 skenario emisi yang berbeda, masing-masing pembuatan berbeda asumsi tentang emisi gas rumah kaca di masa depan, perubahan pemanfaatan lahan, pembangunan ekonomi dan model yang menggerakkannya lainnya. Skenario dikembangkan sebagai kuantitatif

interpretasi dari empat alur cerita alternatif yang mewakili kemungkinan masa depan dengan kombinasi yang berbeda dari mengemudi pasukan. Keluarga-keluarga skenario besar (A1, A2, B1 dan B2) dipecah lebih jauh ke dalam tujuh kelompok skenario (A1C, A1G, A1B, A1T, A2, B1, B2). Kelompok Skenario tersebut kemudian lebih lanjut diklasifikasikan menurut tingkat emisi gas rumah kaca ke 'rendah', 'sedang rendah' 'tinggi menengah', dan tinggi. Untuk setiap skenario emisi, memiliki hasil pemodelan masing-masing.

Sedangkan Pemilihan Model GCMs berdasarkan Laporan IPPC keempat (IPCC, 2007<sup>o</sup>) menyajikan 23 Model sirkulasi global (GCMs/ *General Circulation Models*) yang didesain menjangkau dunia. Sementara GCMs relatif akurat memproyeksikan perubahan suhu global rata-rata dan proses iklim, proyeksi ini sering digunakan sebagai dasar pengambil kebijakan skala regional dan lokal. Selanjutnya dijelaskan juga bahwa 23 model tersebut sudah dilakukan uji coba riset-riset perubahan iklim. Model ini, didasarkan pada hukum dasar fisika, mensimulasikan berbagai macam proses yang terjadi dalam skala spasial dan temporal, serta subsistem iklim yang beragam. Model tersebut memiliki resolusi spasial yang berbeda yang telah meningkat dalam beberapa tahun terakhir (resolusi tersedia sekarang berkisar sampai dengan  $1 \times 1^\circ$ ), yang memungkinkan penggunaannya pada skala regional. Faktor kunci untuk mendefinisikan sebuah tingkatan model adalah resolusi spasial mereka. Menurut Giorgi *et al.* (2001) skala regional untuk studi perubahan iklim didefinisikan sebagai satu gambaran iklim dalam kisaran 104-107 km<sup>2</sup>. Batas atas rentang ini disebut skala sub-benua, dan ruang lingkup dibatasi oleh inhomogeneities iklim yang terjadi dalam skala itu. Kondisi yang terjadi pada skala yang lebih besar dari 107 km<sup>2</sup> didefinisikan sebagai skala global, dan didominasi oleh proses sirkulasi umum dan interaksi mereka. Skala yang lebih kecil dari batas rendah (104 km<sup>2</sup>), mewakili skala yang digunakan dalam studi regional.

### **2.2.3 Skenario Iklim**

Beberapa pertimbangan yang paling relevan dalam metodologi IPCC-TGICA (2007) adalah bahwa skenario iklim untuk regional harus memenuhi kriteria sebagai berikut:

1. Konsisten dalam proyeksi global.



2. Secara fisik masuk akal.
3. Skenario yang dipilih harus memberikan representasi ketidakpastian perubahan masa depan suatu daerah.
4. Mewakili negara pemodelan iklim dan didasarkan pada simulasi terbaru.
5. Memiliki resolusi spasial yang memadai.
6. Validitas, yaitu model yang dipilih harus menunjukkan kinerja yang baik dalam mensimulasikan iklim yang diamati.
7. Adanya perbandingan dengan studi sebelumnya dan daerah lainnya.

Berguna untuk studi dampak, kerentanan dan adaptasi

IPCC (2000) menjelaskan skenario iklim adalah gambar dari masa depan, atau alternative masa depan. Skenario tidak prediksi atau prakiraan. Sebaliknya, masing-masing skenario adalah satu gambar alternatif bagaimana masa depan mungkin terungkap. Dessai *et al.* (2005) membahas peran skenario iklim yang diperlukan untuk adaptasi. Skenario iklim, sering berfungsi sebagai masukan untuk model dampak, biasanya dibangun melalui proyeksi dan Skenario iklim akan berbeda dari iklim prediksi atau ramalan (IPCC 2007<sup>a</sup>). IPCC-TGICA (2007) menjelaskan skala spasial dan temporal juga mempengaruhi pentingnya skenario iklim. Skenario iklim cenderung kurang penting untuk saat ini atau skala adaptasi dalam waktu yang lebih singkat dan di daerah skala lokal, tetapi mereka cenderung relevan untuk adaptasi jangka panjang dan di daerah skala besar (global atau regional).

#### **2.2.3.1 Skenario Emisi**

Dalam menghadapi kondisi perubahan iklim, IPCC (2000) menerbitkan satu set skenario iklim untuk digunakan dalam laporan yang ketiga (*Third Assessment Report/TAR*) yang disebut sebagai *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). SRES dibangun untuk melihat perkembangan masa depan secara konsisten di lingkungan global terhadap produksi emisi GRK dan polutan lain di masa yang akan datang. Skenario ini memasukan perkembangan di masa depan di lingkungan global dengan referensi khusus pada produksi gas rumah kaca dan aerosol. Tiap skenario menampilkan perbedaan demografi, sosial, ekonomi, teknologi dan pembangunan lingkungan yang berbeda. SRES memiliki 4 famili skenario, yaitu A1, A2, B1, dan B2. Skenario famili A1 yang memiliki

alternatif karakteristik pengembangan teknologi energi (A1F1: penggunaan energi fosil yang intensif), A1T( penggunaan energi yang sebagian besar menggunakan energi non-fosil),A1B ( penggunaan energi secara seimbang antara energi non-fosil dan energi fosil). Adapun perbedaan antar skenario seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbedaan Skenario SRES (A1, A2, B1, B2)

A1	B1	A2	B2
Pertumbuhan ekonomi yang sangat cepat	Dunia yang konvergen dengan populasi global yang mencapai puncaknya di pertengahan abad dan menurun	Dunia yang sangat heterogen	Penekanan pada solusi lokal daripada solusi global untuk ekonomi, sosial dan ketahanan lingkungan
Pengenalan teknologi baru dan lebih efisien dengan sangat cepat	Pengenalan teknologi yang bersih dan efisien	Terus terjadi pertumbuhan populasi	Skenario berorientasi pada proteksi lingkungan dan kekayaan sosial, yang berfokus pada tingkat lokal dan regional
Terjadi pengurangan berbagai perbedaan yang substansif terutama dalam pendapatan per kapita regional	Penekanan pada solusi global untuk ekonomi, sosial, dan ketahanan lingkungan, termasuk peningkatan kekayaan, tetapi tanpa tambahan inisiatif iklim	Perubahan teknologi terjadi secara lebih lambat dan lebih terfragmentasi disertai peningkatan pendapatan per kapita	Tingkat pengembangan ekonomi yang intermediate
		Pengembangan ekonomi berorientasi secara regional	Perubahan teknologi lebih lambat dan lebih bermacam-macam dibanding Skenario B1 dan A1

Sumber: IPCC (2000)

Semua skenario SRES dirancang dengan menggunakan model untuk memperoleh alur cerita SRES. Alur cerita tersebut menunjukkan kepadatan penduduk, pembangunan ekonomi, dan efisiensi energi, ketersediaan berbagai bentuk energi, produktivitas pertanian, dan kontrol polusi lokal dari masing-masing SRES yang digunakan. Setiap kelompok pemodelan menggunakan model komputer dalam penilaian pembangunan jangka panjang dari sistem ekonomi, teknologi, dan lingkungan untuk menghasilkan kuantifikasi dari alur cerita (IPCC, 2001<sup>a</sup>) model yang digunakan untuk mengembangkan SRES adalah seperti Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Model yang digunakan untuk mengembangkan SRES

Model	Source	Reference
Asian Pacific Integrated Model (AIM)	National Institute of Environmental Studies in Japan	Morita <i>et al.</i> , 1994 Kainuma <i>et al.</i> , 1998, 1999a, 1999b
Atmospheric Stabilization Framework Model (ASF)	ICF Consulting in the USA	EPA 1990; Pepper <i>et al.</i> , 1992
Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect (IMAGE), used in connection with the WorldScan model	IMAGE: RIVM and WorldScan: CPB (Central Planning Bureau), The Netherlands	IMAGE: Alcamo 1994; Alcamo <i>et al.</i> , 1998; de Vries <i>et al.</i> , 1999 WorldScan: CPB Netherlands, 1999
Multiregional Approach for Resource and Industry Allocation (MARIA)	Science University of Tokyo in Japan	Mori and Takahashi, 1998
Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact (MESSAGE)	IIASA in Austria	Messner <i>et al.</i> , 1996; Riahi and Roehrl, 2000
The Mini Climate Assessment Model (MiniCAM)	PNNL in the USA	Edmonds <i>et al.</i> , 1996

Sumber : IPCC (2001<sup>a</sup>)

### 2.1.3.2 Skenario Kebijakan

IPCC (2001<sup>a</sup>) menjelaskan untuk mengevaluasi strategi mitigasi diperlukan studi terbaru menganalisis dan membandingkan skenario mitigasi menggunakan sebagai acuan dasar skenario SRES yang disebut dengan “Skenario Post-SRES” mencakup rentang yang sangat luas dari kisaran emisi. Secara umum, semakin rendah target stabilisasi dan semakin tinggi tingkat emisi dasar. Analisis Skenario Post-SRES (yang sebagian besar berasumsi emisi negara berkembang berada di bawah *baseline* tahun 2020) menunjukkan bahwa stabilisasi pada 450 ppmv akan memerlukan pengurangan emisi secara signifikan melampaui komitmen Protokol Kyoto pada tahun 2020 untuk mencapai stabilisasi pada 550 ppmv atau lebih tinggi). Kebijakan iklim akan mengurangi per kapita penggunaan energi akhir di dunia, bidang ekonomi menekankan (A1FI, A1B, dan A2), bidang lingkungan menekan (B1 dan B2). Salah satu jalan untuk menurunkan tingkat emisi, suatu Negara harus memilih jalan mereka sendiri. Kebijakan skenario yang mereka pilih menunjukkan diharapkan dapat menstabilkan CO<sub>2</sub> di atmosfer seperti 550 ppmv, 450 ppmv atau di bawahnya selama 100 tahun ke depan atau lebih, tetapi implementasi akan memerlukan terkait perubahan sosial ekonomi dan kelembagaan. Kebijakan mengatur

pertanian, penggunaan lahan dan sistem energi dapat dikaitkan untuk mitigasi perubahan iklim. Oleh karena itu skenario post-SRES menunjukkan bahwa mereka tidak dapat menyediakan skenario untuk pengurangan emisi diperlukan namun membuat pilihan lebih mendekati proyeksi perubahan iklim yang diperlukan oleh suatu negara. Seperti pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 . Skenario post-SRES dan Perhitungan Skenario (dengan Indikasi target Stabilitas CO<sub>2</sub> di Atmosfer dlm ppmv)

Baseline scenarios	Skenario EMISI					
	A1B	A1FI	A1T	A2	B1	B2
AIM (NIES and Kyoto University, Japan)	450, 550,650	550		550	550	550
ASF (ICF Corporation, USA)				550, 750		
IMAGE (RIVM, Netherlands)	550				450	
LDNE (Tokyo University, Japan)	550	550	550	550	550	550
MARIA (Science University of Tokyo, Japan)	450, 550,650		450, 550,650		450, 550	450, 550,650
MESSAGE-MACRO (IIASA, Austria)	450, 550,650	450(*),550(*), 650(*), 750(*)	450, 550	550, 750		550
MiniCAM (PNNL, USA)	550 (*)	450, 550, 650, 750		550	450, 550	550(*)
PETRO (Statistics Norway, Norway)	450, 550, 650, 750		450, 550, 650, 750			
WorldScan (CPB, Netherlands)	450(*),550(**)			450,550(**)	450(**), 550	450(**),550

Catatan: (\*) tinggi dan baseline rendah digunakan; (\*\*) Sebuah perhitungan awal

Sumber : IPCC (2001<sup>a</sup>)

## 2.2.4 Pasang Surut

Pasang Surut didefinisikan sebagai proses naik turunnya permukaan air secara periodik selama interval waktu tertentu. Terdapat 2 periode pasang surut yaitu 12 jam atau 24 jam, hal itu tergantung pada tipe pasang surut. Periode muka air naik disebut pasang dan muka air turun disebut surut (Nybakken, 1992, Nontji, 2005, dan Dahuri dkk. 2001). Proses naik turunnya permukaan air laut diakibatkan utamanya oleh gaya gravitasi benda-benda angkasa, terutama bulan dan matahari. Oleh karena besar massa matahari, bumi, dan bulan diketahui, serta jarak antara bumi ke bulan dan bumi ke matahari juga diketahui, maka besarnya gaya pembangkit pasang surut oleh matahari dan bulan dapat dihitung.

Perhitungannya dilakukan dengan menguraikan tenaga pembangkit pasang surut ke dalam sejumlah konstantan harmonik pasang surut.

Karakteristik pasang surut tidak sama di seluruh daerah (Haryono dan Narni, 2004). Menurut Nontji (2005) terdapat empat jenis tipe pasang surut yang berdasarkan pada periode dan keteraturannya, yaitu pasang surut harian (*diurnal*), tengah harian atau harian ganda (*semi diurnal*), campuran menonjol ke harian ganda (*mixed tides*) dan campuran menonjol ke harian tunggal (*mixed tides prevailing diurnal*). Menurut Widyantoro (2014) karakteristik pasang surut di beberapa wilayah Indonesia terbagi menjadi empat jenis, yaitu: *diurnal tide* (Kepulauan Bangka dan Kalimantan Barat, bagian pantai utara Jawa Timur), *semi diurnal tide* (sebagian besar wilayah perairan laut pulau Sumatera bagian utara), campuran menonjol ke harian tunggal (sekitar laut jawa), dan campuran menonjol ke harian ganda (sebagian besar wilayah laut Indonesia) seperti pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Karakteristik pasang surut di beberapa wilayah Indonesia

No	Jenis Pasang Surut	Lokasi
1	<i>Diurnal</i>	Jakarta, Tuban, Tarempa, Bangka, Malahayati
2	<i>Semi diurnal</i>	Lhokseumawe, Semarang, Sabang, Dumai
3	Campuran menonjol ke diurnal	Celukan bawang, Makasar, Jepara
4	Campuran menonjol ke Semi diurnal	Hampir seluruh wilayah laut Indonesia

Sumber: Widyantoro (2014)

Untuk menentukan tipe pasang surut suatu perairan, maka digunakan Rumus Formzahl (*Hydrographer of the Navy*, 1969) seperti berikut:

$$F = (K1+O1) / (M2+S2) \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana:

F : bilangan formzahl.

O1 : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

K1 : amplitudo komponen pasang surut tunggal utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

M2 : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik bulan.

S2 : amplitudo komponen pasang surut ganda utama yang disebabkan oleh gaya tarik matahari.

Berdasarkan nilai nilai Formzahl (F) maka dapat diklasifikasikan arakteristik pasang surut sebagai berikut:

$F = 0.00 - 0.25$  ; pasut tipe harian ganda (*semi diurnal*) dimana dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan bentuk gelombang simetris

$F = 0.26 - 1.50$  ; pasut bertipe campuran menonjol ke harian ganda (*mixed, mainly semi diurnal*) ; dimana dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (*asimetris*) dengan bentuk condong *semi diurnal*.

$F = 1.51 - 3.00$  ; pasut bertipe campuran menonjol ke harian tunggal (*mixed, mainly diurnal*), diimana dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Bentuk gelombang pasang pertama tidak sama dengan gelombang pasang kedua (*asimetris*) dengan bentuk condong harian tunggal.

$F > 3.00$  ; pasut bertipe (*diurnal*), dengan pola dalam sehari terjadi sekali pasang dan sekali surut.

Data tinggi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut. Tinggi muka air pasang surut ditentukan berdasarkan pengukuran selama 1 hari atau 30 hari. Data tinggi muka air laut pada rentang waktu tertentu diperlukan untuk menentukan tinggi muka air laut rata-rata yang digunakan sebagai referensi kedalaman atau tinggi suatu titik. Pengetahuan tentang waktu, ketinggian dan arus pasut sangat penting dalam aplikasi praktis yang begitu luas seperti navigasi, dalam pekerjaan rekayasa kelautan (pelabuhan, dermaga, bangunan penahan gelombang, dok, jembatan laut, pemasangan pipa bawah laut, dan lain-lain), dalam penentuan *chart datum* bagi hidrografi dan untuk batas laut suatu negara, dalam keperluan militer, serta lainnya, seperti penangkapan ikan dan olahraga bahari (Ongkosono dan Suyarso,

1989). Selain itu data tersebut juga dapat digunakan untuk peramalan pasut, dan mengetahui karakteristik pasut di suatu daerah. Peramalan pasang surut juga bermanfaat untuk informasi kelautan seperti banjir rob untuk daerah di pesisir. Dengan mengetahui kapan pasang dan surut terjadi, masyarakat bisa mempersiapkan diri dengan segala kemungkinan. Adapun data tinggi muka laut tersebut adalah sebagai berikut:

1. Muka air laut tinggi (*high water level*) , muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low water spring*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka air laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi elevasi di daratan.
6. Muka air tertinggi (*highest high water level*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

#### **2.2.5 Kenaikan Muka Laut (*Sea Level Rise/SLR*)**

Kenaikan permukaan laut (*sea level rise/SLR*) adalah fenomena naiknya permukaan laut yang disebabkan oleh banyak faktor yang kompleks. Nicholls *et al.* (2014) menjelaskan bahwa SLR adalah salah satu bukti adanya pemanasan global.

IPCC (2007<sup>a</sup>) menjelaskan permukaan laut telah mengalami kenaikan setinggi 120 meter sejak puncak zaman es 18.000 tahun yang lalu. Sejak 3.000 tahun yang lalu hingga awal abad ke-19, kenaikan muka air laut hampir tetap hanya bertambah 0,1 hingga 0,2 mm/tahun. Sejak adanya satelit *altimetry* Topex/Poseidon tahun 1992 mengidentifikasi laju SLR sebesar 3 mm/th. Perubahan ini bisa jadi merupakan pertanda awal dari efek pemanasan global

terhadap SLR. Pemanasan global diperkirakan memberikan pengaruh yang signifikan pada SLR pada abad ke-20 ini. Watson (2015) menjelaskan antara tahun 1870 dan 2004, permukaan air laut rata-rata global diperkirakan telah meningkat sebanyak 195 mm dan  $1,7 \text{ mm} \pm 0,3 \text{ mm/tahun}$ , dengan percepatan yang signifikan kenaikan permukaan laut dari  $0.013 \text{ mm} \pm 0,006 \text{ mm/tahun}$ . USGCRP (2014) memproyeksikan pada 2100, kenaikan permukaan air laut rata-rata antara 300-1200 mm. Nilai SLR menunjukkan peningkatan dua kali lipat sejak pra 1992 sampai abad ke-20.

Faktor yang dapat mempengaruhi perubahan jangka pendek dan jangka panjang SLR yaitu:

1. Faktor mempengaruhi perubahan jangka pendek adalah pasang surut (Doyle *et al.*, 2015)
2. Faktor mempengaruhi perubahan jangka panjang

Dua faktor utama yang mempengaruhi adalah adanya peningkatan suhu (Hamlington *et al.*, 2011, 2013, 2014; Chambers *et al.*, 2012; Frankcombe *et al.*, 2014) dan adanya penambahan massa air (Slangen *et al.*, 2011; Perrette *et al.*, 2013) yang berasal dari daratan (air tanah, sungai, danau) dan dari laut sendiri (glasier, tutupan es di kutub bongkahan es di lautan) Pada skala waktu yang panjang, perubahan bentuk samudera dan distribusi daratan/lautan akan mempengaruhi perubahan tinggi muka laut.

IPCC (2013) menetapkan (*Global Mean Sea level/GMSL*) memiliki peningkatan pada akhir abad ke-20. Strassburg *et al.* (2015) menjelaskan tren SLR di laut Asia Tenggara menunjukkan adanya kenaikan yang bervariasi yang disebabkan oleh arus decade pacific (*Pacific Decadal Oscillation/PDO*) dan antara tahun 2010-2020 tren tersebut lebih rendah dari tren SLR global (*the global mean sea level /GMSL*). Sedangkan Stammer *et al.* (2013) dan Luu *et al.* (2015) menjelaskan faktor penyebab kenaikan permukaan laut di laut asia tenggara adalah variabilitas sirkulasi laut *El Niño-Southern Oscillation* (ENSO) dan PDO.

### **2.2.6 Metode *Least Square***

Metode *least square* merupakan metode perhitungan pasang surut yang berusaha membuat garis yang mempunyai jumlah selisih (jarak vertikal) antara data dengan regresi yang terkecil. Pada prinsipnya metode least square



meminimumkan persamaan elevasi pasut, sehingga diperoleh persamaan simultan. Kemudian, persamaan simultan tersebut diselesaikan dengan metode numerik sehingga diperoleh konstanta pasut. Analisa dari metode *least square* adalah menentukan apa dan berapa jumlah parameter yang ingin diketahui. Pada umumnya, jika data yang diperlukan untuk mengetahui tipe dan datum pasang surut diperlukan 9 konstanta harmonis yang biasa digunakan. Cukup aman untuk mengasumsikan bahwa konstanta yang sama mendominasi sifat pasang surut pada lokasi yang baru sama seperti pada lokasi yang sebelumnya untuk daerah geografis yang sama

Data pasang surut hasil pengukuran dapat ditentukan besaran komponen pasang surut (pasut) atau konstanta harmonik, yaitu besaran amplitudo dan fase dari tiap komponen pasut. Pasut di perairan dangkal merupakan superposisi dari pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomi, faktor meteorologi, dan pasut yang ditimbulkan oleh pengaruh berkurangnya kedalaman perairan atau yang disebut dengan pasut perairan dangkal (*shallow water tides*). Elevasi pasutnya ( $\eta$ ) secara matematika dirumuskan sebagai berikut:

$$\eta = \eta_{ast} + \eta_{met} + \eta_{shall} \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana:

- $\eta_{ast}$  = elevasi pasut yang ditimbulkan oleh faktor astronomi
- $\eta_{met}$  = elevasi pasut akibat faktor meteorologi, seperti tekanan udara dan angin yang menimbulkan gelombang dan arus.
- $\eta_{shall}$  = elevasi pasut yang ditimbulkan oleh efek gesekan dasar laut atau dasar perairan.

Komponen pasut yang timbul oleh faktor astronomi dan pasut perairan dangkal bersifat periodik, sedangkan gangguan faktor meteorologi bersifat musiman dan kadang-kadang sesaat saja. Apabila tanpa memperhatikan faktor meteorologi, maka elevasi pasut merupakan penjumlahan dari komponen yang membentuknya dan dapat dinyatakan dalam fungsi cosinus yang dirumuskan sebagai berikut,

$$\eta(t) = S_o + sso + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$\eta(t)$  = elevasi pasut fungsi dari waktu

$C_r$  = amplitudo komponen ke -r

$\omega_r = 2\pi/Pr$  dengan  $Pr$  = periode komponen ke r

$S_o$  = duduk tengah permukaan laut (MSL )

$sso$  = perubahan duduk tengah musiman yang disebabkan oleh efek muson atau angin (faktor meteorologi)

$t$  = waktu

Untuk menganalisa konstanta harmonik pasut dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satunya adalah metode least square.

Dengan cara mengabaikan suku yang dipengaruhi oleh faktor meteorologi, Persamaan (2.3) dapat ditulis dalam bentuk seperti berikut,

$$\eta(t) = S_o + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad \dots \dots \dots (2.4)$$

Dan untuk mempermudah perhitungan Persamaan (2.4) dapat ditulis dalam bentuk seperti berikut,

$$\eta(t) = S_o + \sum_{r=1}^k A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^k B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \quad \dots \dots \dots (2.5)$$

Atau dalam bentuk lain,

$$\eta(t) = \sum_{r=1}^k A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^k B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \quad \dots \dots \dots (2.6)$$

Yaitu dengan menganggap bahwa  $S_o$  sama dengan  $A_o$  atau  $A_{k+1}$  dengan  $\omega_{k+1}$  sama dengan nol dan  $B_r$  adalah konstanta harmonik,  $k$  adalah jumlah komponen pasut dan  $t$  menunjukkan waktu pengamatan untuk tiap jam ( $t = 1, 2, 3, 4, \dots, m$ ). Dan besarnya  $\dot{\eta}(t)$  hasil perhitungan dengan Persamaan (2.6) akan mendekati elevasi pasut pengamatan  $\eta(t)$  apabila, jumlah kuadrat error

$$J = \sum_{t=1}^{t=m} (\eta(t) - \hat{\eta}(t)) = \text{minimum} \quad \dots \dots \dots (2.7)$$

J hanya akan minimum jika memenuhi persamaan berikut

$$\frac{\partial J}{\partial A_s} = \frac{\partial J}{\partial B_s} = 0 \quad \dots \dots \dots (2.8)$$

dengan  $s=1, 2, 3, 4, 5 \dots k$

Dari Persamaan (2.8) akan diperoleh sebanyak  $2.k + 1$  persamaan sebagai berikut,

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.9)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_2 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.10)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_3 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.11)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_4 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.12)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_5 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.13)$$

sampai dengan,

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_k \cdot t) = 0 \quad \dots (2.14)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \cos(\omega_{k+1} \cdot t) = 0 \quad \dots (2.15)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.16)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_2 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.17)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_3 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.18)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_4 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.19)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_5 \cdot t) = 0 \quad \dots (2.20)$$

$$\sum_{t=1}^m \left\{ \eta(t) - \sum_{r=1}^{k=1} A_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t) + \sum_{r=1}^{k=1} B_r \cdot \sin(\omega_r \cdot t) \right\} \cdot \sin(\omega_k \cdot t) = 0 \quad \dots (2.21)$$

Selanjutnya, berdasarkan Persamaan (2.9) sampai dengan Persamaan (2.21), untuk mempermudah perhitungan, untuk mendapatkan  $2.k + 1$  variabel  $Ar$  ( $r = 1, 2, 3, 4, \dots, k + 1$ ) dan  $Br$  ( $r = 1, 2, 3, 4, \dots, k$ ) yang belum di diketahui dari  $2.k + 1$  persamaan, dapat digunakan bantuan operasi perkalian matriks, yaitu dengan cara menyusun persamaam di atas menjadi sebuah sistem persamaan simultan dalam bentuk matriks sebagai berikut,

$$\begin{Bmatrix} F \end{Bmatrix}_{(2k+1) \times 1} = \begin{Bmatrix} H \end{Bmatrix}_{(2k+1)(2k+1)} \begin{Bmatrix} X \end{Bmatrix}_{(2k+1) \times 1} \dots (2.22)$$

dan dengan memasukkan komponen matriksnya didapat bentuk persamaan matriks (2.23) sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \sum_{t=1}^m \eta(t) \cos(\omega_1 \cdot t) \\ \vdots \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \cos(\omega_{k+1} \cdot t) \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \sin(\omega_r \cdot t) \\ \vdots \\ \sum_{t=1}^m \eta(t) \sin(\omega_k \cdot t) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} CC_{1,1} & \dots & CC_{k+1,1} & SC_{1,1} & \dots & SC_{1,k+1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CC_{1,k+1} & \dots & CC_{k+1,k+1} & SC_{1,k+1} & \dots & SC_{1,k+1} \\ CS_{1,1} & \dots & CS_{k+1,1} & SS_{1,1} & \dots & SS_{1,k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ CS_{1,k} & \dots & CS_{k+1,k} & SS_{1,k} & \dots & SS_{k,k} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} A_1 \\ \vdots \\ A_{k+1} \\ B_1 \\ \vdots \\ B_k \end{pmatrix}$$

dimana nilai komponen matriks H adalah sebagai berikut:

$$CC_{1,1} = \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} (\cos(\omega_r \cdot t_n) \cdot \cos(\omega_r \cdot t_n)), j \leq k+1$$

$$SC_{1,1} = \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} (\sin(\omega_r \cdot t_n) \cdot \cos(\omega_r \cdot t_n)), j \leq k+1$$

$$CS_{1,1} = \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} (\cos(\omega_r \cdot t_n) \cdot \sin(\omega_r \cdot t_n)), j \leq k$$

$$SS_{1,1} = \sum_{n=1}^m \sum_{i=1}^{k+1} (\sin(\omega_r \cdot t_n) \cdot \sin(\omega_r \cdot t_n)), j \leq k$$

Dengan  $j=1, 2, 3, \dots, k+1$

Selanjutnya, setelah dihitung inverse matriks H, matriks X atau variabel  $Ar(1, 2, 3, \dots, k + 1)$  dan  $Br(1, 2, 3, \dots, k)$  bisa didapat dengan melakukan operasi perkalian matriks sebagai berikut,

$$\begin{Bmatrix} X \end{Bmatrix}_{(2k+1) \times 1} = \begin{Bmatrix} H \end{Bmatrix}_{(2k+1)(2k+1)}^{-1} \begin{Bmatrix} F \end{Bmatrix}_{(2k+1) \times 1} \dots (2.24)$$

dari matriks X dapat ditentukan komponen-komponen pasut sebagai berikut,

1. Duduk tengah permukaan laut (MSL)  $S_o = A_k + 1$
2. Amplitudo komponen tiap pasut  $C_r = \sqrt{(A_r)^2 + (B_r)^2}$
3. Fase tiap komponen pasut  $P_r = \text{Arctan} \left( \frac{B_r}{A_r} \right)$

selanjutnya, komponen-komponen pasut tersebut kita masukkan ke Persamaan (2.4) berikut ,

$$\eta(t) = S_o + \sum_{r=1}^k C_r \cdot \cos(\omega_r \cdot t - P_r) \quad \dots \dots \dots (2.25)$$

Persamaan (2.25) merupakan persamaan model harmonik pasang surut yang akan kita dapatkan berdasarkan fakta pasang surut dari suatu daerah.

### 2.2.7 Perubahan Garis Pantai Akibat SLR

Pengaruh SLR terhadap perubahan garis pantai telah diteliti oleh Model Bruun (1988) dan juga Hennecke *et al.* (2004). Selama ini model Bruun adalah model yang umum digunakan sebagai alat prediksi perubahan garis pantai dengan mempertimbangkan SLR. Hal tersebut tentu saja karena Bruun (1988) yang pertama kali memperkenalkan persamaan untuk menghitung perubahan pantai dengan menggunakan variabel SLR.

#### 2.2.7.1. Metode Bruun (1988)

Metode Bruun (1988) merupakan teknik analisa perubahan garis pantai secara 2 dimensi. Selain berbeda dalam variabel muka air laut, formula pada metode Bruun (1988) memasukkan variabel lain berupa jarak dan *depth of closure*. *Depth of closure* sendiri adalah daerah dimana sedimen tidak bergerak.

Formula pada Model Bruun (1988) adalah:

$$R = \frac{L}{B+h} S \quad \dots \dots \dots (2.26)$$

Dimana:

R= rekresi garis pantai

L= jarak garis pantai ke depth of closure

S= kenaikan muka air

$h$ = kedalaman depth of closure

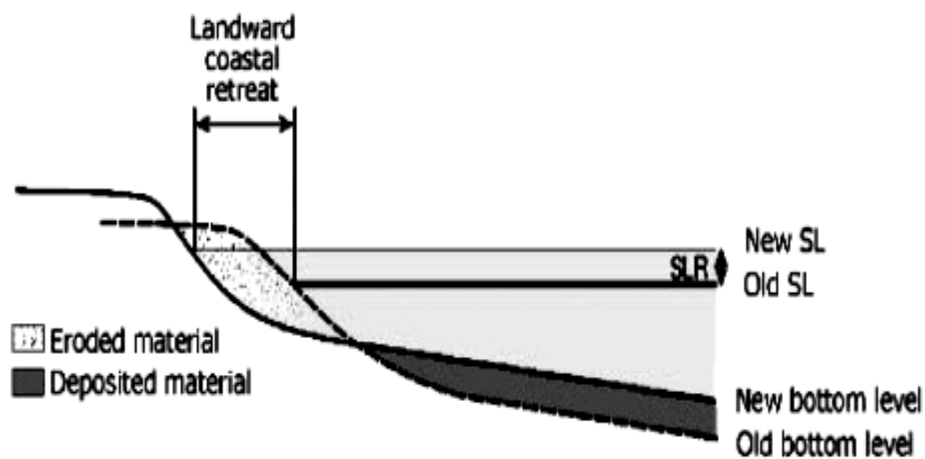
$B$ = tinggi berm atau elevasi pantai

Bruun (1988) memberi persamaan untuk mendapatkan nilai *depth of closure* yaitu:

$$h = 2 H_b \quad \dots\dots\dots(2.27)$$

dimana  $H_b$  adalah tinggi gelombang pecah.

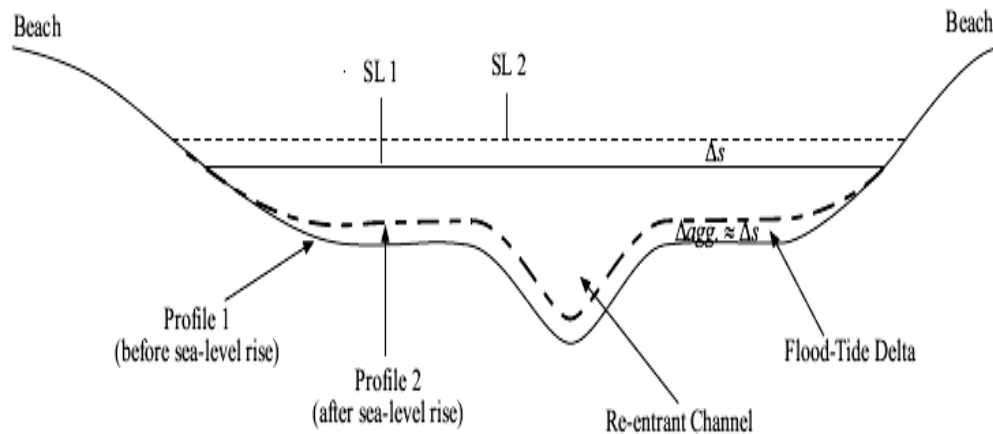
Adapun ilustrasi Bruun dapat ditunjukkan Gambar 2.9



Gambar 2.9. Ilustrasi Metode Bruun  
Sumber: Davidson-Arnot (2005)

#### 2.2.7.2 Metode Hennecke (2004)

Hennecke *et al.* (2004) melakukan pengembangan pada persamaan yang diberikan oleh Bruun (1988). Hennecke *et al.* (2004) memasukkan pemodelan sedimentasi secara terpisah karena menurutnya materi yang masuk ke wilayah studi merupakan kombinasi dari sediment yang berasal dari luar wilayah studi ( $\Delta V_e$ ) dan sedimen yang berada dalam wilayah studi ( $\Delta V_i$ ).  $\Delta V_e$  ditransportasikan ke dalam wilayah studi akibat adanya pengaruh pasang surut dan gelombang. Sedangkan  $\Delta V_i$  dipengaruhi oleh adanya proses erosi pantai. Berikut adalah gambar dari model Hennecke:



Gambar 2.10 Ilustrasi Hennecke (2004)  
Sumber : Hennecke (2004)

Pada Gambar 2.10, kenaikan muka air laut  $\Delta S$  sama dengan sedimen yang bertambah akibat kenaikan muka air laut  $\Delta_{agg}$ .  $\Delta_{agg}$  dapat mewakili besaran nilai dari  $\Delta V_i$  dan  $\Delta V_e$ . Dengan demikian total sedimen di wilayah studi dapat digambarkan dengan persamaan (2.28)

$$\Delta V_{total} = \Delta A \cdot \Delta s = \Delta V_e + \Delta V_i \quad \dots\dots\dots(2.28)$$

Volume sedimen total yang diperhitungkan berasal dari volume sedimen dari luar dan dalam. Pada persamaan diatas dapat juga dihitung dengan melakukan perkalian antara :

$\Delta A$  = luas daerah yang ditinjau

$\Delta s$  = akumulasi sedimen di daerah yang ditinjau

Setelah mendapatkan persamaan akumulasi sedimen total, maka perhitungan kemunduran garis pantai karena faktor sedimentasi dinyatakan seperti persamaan (2.29) sebagai berikut:

$$R = \Delta V_{total} * (\Delta L)^{-1} (D)^{-1} \quad \dots\dots\dots(2.29)$$

dimana

$\Delta L$  = panjang pantai yang tererosi (*erodible shoreline*) (m) dan

$D$  = *Dune* / tinggi bukit pantai(m).

Validasi digunakan untuk mengetahui metode mana yang cocok untuk memodelkan kemunduran garis pantai. Proses validasi menggunakan Mean Percentage Error dengan persamaan (2.30)

$$MPE = (\Sigma \frac{(R_{pred} - R_{peng}) * 100\%}{R_{peng}}) / n \quad \dots\dots\dots(2.30)$$

dimana

$R_{pred}$  = kemunduran garis pantai prediksi

$R_{peng}$  = kemunduran garis pantai hasil pengukuran

$n$  = jumlah periode perhitungan

## 2.2.8 Indeks Kerentanan Wilayah Pesisir

Wilayah pesisir merupakan daerah yang mengalami dampak negative dari pengaruh kenaikan permukaan laut secara global. Secara teori kenaikan muka laut akan menggenangi sebagian wilayah pesisir, sehingga terjadi perubahan garis pantai, abrasi pantai, kerusakan sumberdaya hayati, , meluasnya intrusi air laut, berkurangnya lahan-lahan produktif, kerusakan/terganggunya infrastruktur dan lain sebagainya

Kerentanan (*vulnerability*) adalah kecenderungan suatu entitas mengalami kerusakan. Entitas yang mengalami kerusakan dapat berupa fisik (ekosistem laut, garis pantai, manusia) atau konsep abstrak (komunitas, ekonomi, negara dan sebagainya) (SOPAC, 2005). Kerentanan merupakan sekumpulan kondisi atau suatu akibat keadaan (faktor fisik, sosial, ekonomi, dan lingkungan) yang berpengaruh negative terhadap upaya pencegahan atau penanggulangan bencana (BNPB, 2007)

Kerentanan wilayah pesisir merupakan kondisi yang akan meningkatkan proses kerusakan di wilayah pesisir, seperti abrasi, sedimentasi atau tenggelamnya wilayah pesisir. Sesuai dengan Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) parameter sangat berpengaruh terhadap perubahan wilayah pesisir dan digunakan untuk menganalisis kerentanan wilayah pesisir terdiri dari dua variabel yaitu variabel geologi (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan variabel proses fisik laut (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan).



Penelitian mengenai kerentanan wilayah pesisir telah banyak dilakukan oleh para ahli dengan beberapa parameter yang berbeda-beda. Misalnya penelitian yang dilakukan oleh Suprijanto (2003) di Surabaya tidak memperhitungkan variabel geologi dan variabel proses fisik laut. Sedangkan Sukarningsih (2007) melakukan kajian tingkat kerentanan pantai di pesisir Teluk Banten berdasarkan kondisi arus dan gelombang saja. Penelitian ini menggunakan parameter dan pembobotan skor yang berbeda dengan memodifikasi penentuan CVI berdasarkan enam parameter hasil penelitian Pendleton *et al.* (2005) di pesisir New York dan New Jersey Amerika Serikat dan Gornitz *et al.* (1997) di pantai barat Amerika Serikat. Penentuan skor untuk masing-masing variabel dan perhitungan Indeks Kerentanan Pesisir/Pantai yang digunakan oleh Pendleton *et al.* (2005) ditunjukkan dalam Tabel 2.5 Hasil perhitungan indeks kerentanan pesisir secara spasial disajikan dalam Gambar 2.12

Indeks kerentanan pesisir oleh Pendleton *et al.* (2005) adalah sebagai berikut:

$$CVI = \sqrt{\frac{(a*b*c*d*e*f)}{6}} \quad \dots\dots\dots(2.31)$$

dimana :

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| a : Geomorfologi pesisir   | d : Perubahan Tinggi Muka Laut relatif |
| b : Perubahan Garis Pantai | e : Tinggi Pasut Rata-rata             |
| c : Kemiringan Pantai      | f : Tinggi Gelombang Signifikan        |

### 2.2.9 Perhitungan Ekonomi

Perhitungan ekonomi dari dampak kenaikan muka laut akan dilakukan dengan metode yang dikembangkan oleh Darwin dan Toll (2001) yaitu Estimasi *Direct–Cost (DC)* Ada tiga batasan dalam mengestimasi kerugian ekonomi: (i) nilai lingkungan yang rusak tidak diketahui secara pasti; (ii) kerusakan lingkungan tidak dihitung sebagai biaya konsumen; (iii) perdagangan internasional diabaikan

Sugiyama (2007) menyebutkan bahwa biaya lingkungan akan bernilai nol ketika biaya proteksi pantai sama dengan biaya kehilangan lahan. Minimalisasi biaya lingkungan diperoleh dari persamaan:

$$\min_{L,h} Z = p^{(pv)}(L, h) + d^{(pv)}(L, S) + w^{(pv)} - g^{(pv)}(L, S) \quad \dots(2.32)$$

dimana:

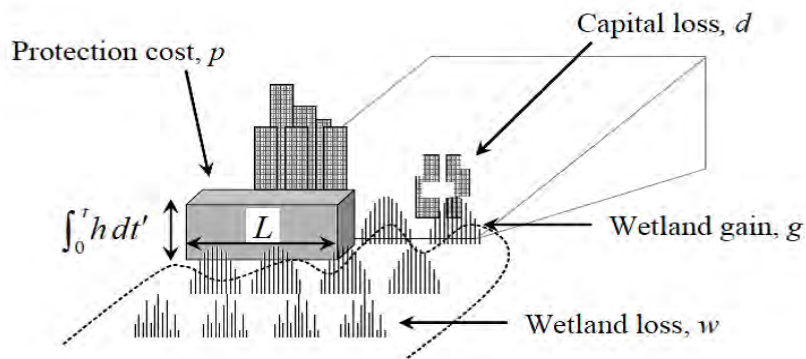
$p^{(pv)}(L, h)$  = Biaya proteksi pantai

$d^{(pv)}(L, S)$  = Biaya kehilangan lahan kering

$w^{(pv)}$  = Biaya Kehilangan lahan basah

$g^{(pv)}(L, S)$  = Growth land cost

Perhitungan dampak dapat dihitung dari kerugian akibat genangan, *wetland* dan *dryland loss*, dan meningkatnya biaya untuk perlindungan. Seperti pada Gambar 2.11



Gambar 2.11 Scematic Menggambarkan Masalah Minimalisasi Biaya

Variabel yang dipilih,  $L$  pantai yang dilindungi,  $h$  ketinggian tanggul laut. Jika  $h$  adalah ketinggian tanggul tambahan, ketinggian tanggul laut merupakan bagian integralnya.

Ada empat biaya item biaya perlindungan  $p$ , modal kerugian lahan kering  $d$ , lahan basah (lahan tergenang)  $g$  dan lahan basah yang hilang  $w$ .

Dalam perhitungan biaya ini digunakan output ekonomi ( $t$ ), nilai output ekonomi diperoleh dari pengganda output ekonomi. Semakin besar nilai pengganda output maka semakin besar keuntungan yang diperoleh. Besarnya nilai output ekonomi diperoleh dari persamaan:

$$\delta t = \text{economic output multiplier} * GDP \quad \dots (2.33)$$

Nilai pengganda output akan berbeda untuk setiap jenis komoditas. Nilainya dihitung berdasarkan nilai produktivitas per *segment area*.

Biaya kehilangan lahan basah (*Wetland Loss Cost*) merupakan biaya atau kerugian yang harus ditanggung apabila kehilangan lahan yang digunakan untuk kegiatan non-profit. Lahan-lahan ini biasanya digunakan untuk kegiatan pelestarian lingkungan. Hutan bakau merupakan salah satu lahan yang dihtung

kerugiannya, karena banyak terdapat ekosistem hewan dan tumbuhan air. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$w(t) = \gamma \cdot \frac{S(t)}{\tan \psi} \cdot \Omega \cdot \Theta(S(t)) \quad \dots (2.34)$$

dimana:

$(t)$  : Biaya kehilangan lahan basah       $\psi$  : Kemiringan pantai  
 $\gamma$  : Persamaan Toll       $\Omega$  : Luas total lahan basah  
 $(t)$  : Kenaikan muka air laut       $\Theta(S(t))$  : *Heaviside step function*

Biaya ini bukan merupakan kerugian, karena biaya ini menghasilkan lahan baru (*Growth Land Cost*). Apabila terjadi subsidensi maka akan terjadi *uplift* di sisi yang lain.

$$g_0(t) = \gamma \cdot \min \left( \alpha t, \frac{S(t)}{\tan \psi} \right) \cdot \Omega \cdot \Theta(S(t)) \quad \dots (2.35)$$

Dimana:

$g_0(t)$  : *Growth land cost*  
 $\alpha$  : Laju pertumbuhan (50 cm per tahun)  
 $\gamma$  : Persamaan Toll  
 $\psi$  : Kemiringan pantai  
 $(t)$  : Kenaikan muka air laut  
 $\Omega$  : Luas total lahan basah  
 $\Theta(S(t))$  : *Heaviside step function*

Persamaan Darwin dan Toll (2001) digunakan dalam persamaan ini. Dalam persamaan ini, nilai dari setiap km<sup>2</sup> lahan yang tergenang adalah 20 juta US\$, sehingga untuk setiap hektarnya bernilai 20 ribu US\$. Nilai tersebut sama untuk seluruh dunia, sehingga dengan menggunakan perbandingan GDP nasional dan regional maka akan diperoleh besarnya nilai kehilangan lahan per hektar dengan menggunakan persamaan:

$$\gamma = \left( \frac{\text{GDP} / 20.000}{1 + (\text{GDP} / 20.000)} / \frac{\text{GDPn} / 20.000}{1 + (\text{GDPn} / 20.000)} \right) \quad \dots (2.36)$$

dimana:

GDP = *Gross Domestic Product*

GDPn = *Gross Domestic Product National*

### **2.2.9.1 Sumberdaya Pesisir**

Valuasi Ekonomi untuk menghitung dampak kerugian sumberdaya pesisir. Metode yang dapat digunakan dalam menghitung manfaat ekonomi dan pengelolaan sumberdaya dengan cara untuk memasukkan konsep nilai ekosistem sebagai dasar penentuan kebijakan pemanfaatan sumberdaya. Fungsi Valuasi ekonomi adalah untuk mengetahui bagaimana sebenarnya nilai dari sumberdaya yang ada di lokasi, sebagai bahan masukan bagi, stakeholder dalam memanfaatkan sumberdaya, sebagai bahan advokasi kepada masyarakat mengenai pentingnya sumberdaya. Valuasi ekonomi merupakan upaya untuk memberikan nilai kuantitatif terhadap barang dan jasa yang di hasilkan oleh sumberdaya alam dan lingkungan, baik atas nilai pasar (*market value*) maupun nilai non pasar (*non market value*)

### **2.2.10 Strategi Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim**

*The 3<sup>rd</sup> Assessment Report of the IPCC* (2001) dalam Adger *et al.* (2009) menerjemahkan adaptasi terhadap perubahan iklim sebagai penyesuaian pada alam maupun sistem kehidupan manusia dalam rangka merespon pergerakan iklim dan dampaknya yang merugikan atau mengurangi peluang manfaat. Adaptasi tersebut dibedakan ke dalam beberapa tipe yaitu adaptasi antisipatif dan reaktif, adaptasi privat dan publik, serta adaptasi terencana dan otonomi. Ada pun beberapa konsep yang berhubungan dengan adaptasi antara lain kapasitas adaptasi, manfaat adaptasi, biaya adaptasi, dan penilaian adaptasi.

Dampak perubahan iklim di Indonesia diperkirakan akan sangat besar, namun masih sulit untuk diperhitungkan. Perhitungan kerugian bagi perekonomian Indonesia jangka panjang, baik akibat dampak langsung dan tidak langsung, menunjukkan angka yang signifikan. Pada tahun 2100, kerugian PDB diperkirakan akan mencapai 2.5 persen, yaitu empat kali kerugian PDB rata-rata global akibat perubahan iklim. Apabila peluang terjadinya bencana turut diperhitungkan, kerugian dapat mencapai 7 persen PDB. Biaya ini dirasakan sangat besar oleh sebuah negara yang baru saja lepas dari krisis ekonomi di akhir tahun 1990-an. (World Bank, 2011)

Untuk konteks Indonesia, Rencana Aksi Nasional Adaptasi Perubahan Iklim (RAN API) yang dikeluarkan oleh Bappenas pada Februari 2014 menyebutkan bahwa adaptasi merupakan upaya untuk meningkatkan ketahanan (resiliensi) suatu sistem terhadap dampak perubahan iklim. Untuk mewujudkan resiliensi diperlukan sinergi antara pusat dan daerah dalam merencanakan kegiatan adaptasi. Selain itu, pemahaman bahwa kegiatan adaptasi adalah hubungan timbal balik antara kondisi sosial dan kondisi ekologis menjadi syarat penting untuk tercapainya resiliensi. Menurut definisi UNDP yang dikutip UNEP (2008), adaptasi perubahan iklim adalah *“a process by which strategies aiming to moderate, cope with, and take advantage of the consequences of climate events are enhanced, developed and implemented.”*

Mengacu pada tipologi adaptasi yang dikembangkan oleh Smit *et al.* (1999) terdapat dua jenis kegiatan adaptasi yang dapat langsung terkait dengan adaptasi yaitu yang bersifat mandiri (*autonomous-responsif/reaktif*) dan yang direncanakan (*planned – antisipatif*) (Tabel 2.5). Adaptasi mandiri karena bersifat otonom dan responsif dapat dilakukan baik oleh masyarakat maupun pemerintah sebagai respons atas kondisi yang dialami. Lain halnya dengan adaptasi yang terencana dan bersifat antisipatif, kegiatan adaptasi tipe ini biasanya akan memerlukan kajian kerentanan dan juga studi terkait skenario perubahan iklim sebagai dasar saintifik untuk menentukan opsi adaptasi yang diperlukan. Dalam beradaptasi pada perubahan iklim melibatkan gabungan intervensi reaktif dan proaktif dalam berbagai sektor. Pilihan beradaptasi pada perubahan iklim untuk wilayah pesisir/laut menurut World Bank, (2011)

Tabel 2.5 Pilihan beradaptasi pada perubahan iklim terhadap Pesisir/Laut

Reaktif/Responsif	Proaktif/Antisipatif
1. Perlindungan infrastruktur ekonomi 2. Penyadaran publik untuk meningkatkan perlindungan ekosistem pesisir dan laut 3. Pembuatan dinding laut dan penguatan pantai 4. Perlindungan dan konservasi terumbu karang, mangrove, rumput laut, dan vegetasi pinggir pantai	1. Manajemen zona pesisir yang terintegrasi 2. Perencanaan dan penentuan zona pesisir yang lebih baik 3. Pengembangan peraturan untuk perlindungan pesisir 4. Penelitian dan pengawasan pesisir dan ekosistem pesisir

Sumber: Smit *et al.* (1999)

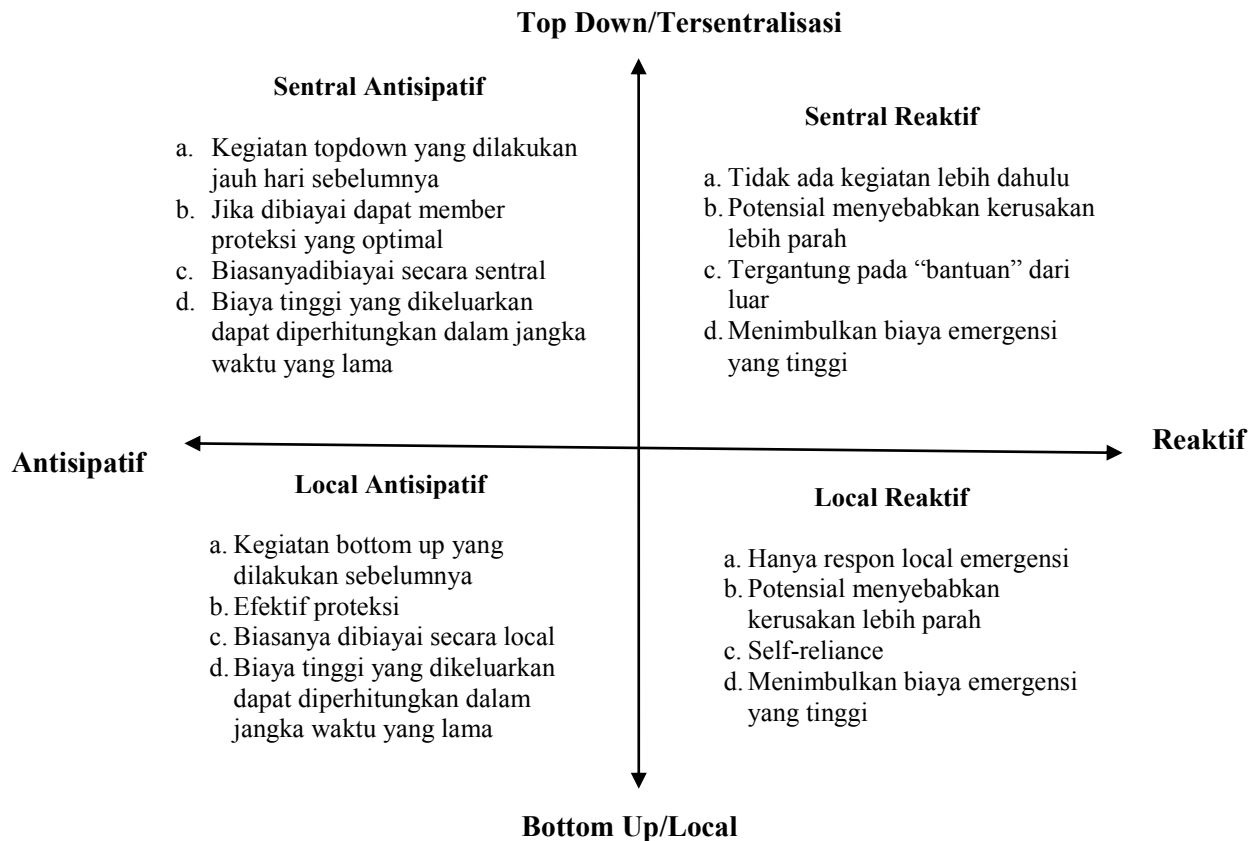
Diperkirakan biaya adaptasi untuk Indonesia dan tiga negara lain di Asia Tenggara di sektor pertanian dan daerah pesisir adalah rata-rata \$5 milyar per tahun pada tahun 2020. Namun, untuk Indonesia, pada tahun 2050 keuntungan tahunan dari terhindarnya kerusakan akibat perubahan iklim akan melebihi biaya tahunan. Diperkirakan, pada tahun 2100 keuntungan dapat mencapai 1.6 persen PDB (bandingkan dengan biaya sebesar 0.12 persen PDB). Akibat agenda adaptasi yang sangat besar dan akan sulit dikelola bisa dilakukan secara bersamaan, maka diperlukan proses pemilihan dan memprioritaskan opsi-opsi dan kegiatan. Sebuah panduan untuk memprioritaskan opsi-opsi adaptasi dalam lingkungan, dituangkan dalam Laporan Pembangunan Bank Dunia 2010. Hal ini mencakup empat-langkah untuk:

- a. Memprioritaskan pilihan investasi dan kebijakan yang dapat memberikan keuntungan ekonomi dan sosial, selain untuk beradaptasi pada perubahan iklim,
- b. Meningkatkan kelenturan iklim dengan menambahkan „marjin keamanan“ pada investasi baru,
- c. Memilih opsi yang dapat dibalik dan fleksibel, dan
- d. Merencanakan kegiatan berdasarkan analisa skenario; mengkaji dan menyesuaikan skenario berdasarkan informasi terbaru.

Perlunya adaptasi terhadap perubahan iklim diintegrasikan dalam program-program pembangunan. Selain itu, penguatan kapasitas lokal penting untuk dilakukan, termasuk peningkatan koordinasi pusat-daerah, perencanaan dan pendanaan. Masyarakat juga perlu lebih memahami isu perubahan iklim, serta ketahanan keluarga miskin dan kelompok rentan lainnya perlu ditingkatkan. Penelitian-penelitian juga perlu dilakukan untuk menambah pemahaman akan dampak lokal perubahan iklim.

Tompkins *et al.* (2008) dengan mempertimbangkan tipologi adaptasi mengembangkan empat opsi pengelolaan kawasan pesisir yang dapat dikembangkan sebagai strategi dalam adaptasi perubahan iklim untuk wilayah pesisir. Dasar dari pembagian empat strategi ini lebih menitikberatkan pada proses pengambilan keputusan untuk kegiatan adaptasi yang dilakukan oleh pemerintah (bersifat *top down*) dan lokal/ masyarakat (bersifat *bottom up*); dan apakah

kegiatan adaptasi tersebut terencana/antisipatif atau reaktif/responsif. Kombinasi keempat strategi tersebut dijelaskan dalam empat kuadran dalam Gambar 2.14 berikut.



Gambar 2.12. Empat Opsi Pengelolaan Pesisir di Masa Mendatang sebagai bagian Strategi untuk Adaptasi Perubahan Iklim

Sumber: Tompkins *et al.* (2008)

Perubahan iklim menimbulkan banyak tantangan untuk ekosistem dan pengelolaan sumber daya. Secara khusus, perencana pesisir berusaha untuk menemukan cara untuk mempersiapkan potensi dampak perubahan iklim yang ditimbulkan di masa depan ketika berhadapan dengan tekanan langsung. Keputusan tentang bagaimana menanggapi risiko masa depan yang rumit dalam waktu yang lama dan ketidakpastian yang terkait dengan distribusi dampak yaitu menggabungkan pemangku kepentingan dan pemerintah. Menggunakan metode baru, skenario berbasis keterlibatan *stakeholder* terhadap skenario perubahan iklim. Dengan melibatkan pertimbangan dari keduanya diharapkan kompleksitas dampak perubahan iklim dapat diselesaikan dengan baik, dan adanya dukungan

stakeholder maka keputusan yang diambil oleh pengambil keputusan dapat berjalan dengan baik (Joubert *et al.*, 1997) dan lebih transparan (Hobbs *et al.*, 1992). Tanpa adanya keterlibatan stakeholder keputusan yang diambil oleh pemerintah (pengambil keputusan) tidak akan berguna dalam situasi praktis (Olson *et al.*, 2000 )

#### **2.2.10.1 Strategi Adaptasi Masyarakat**

Adaptasi disusun oleh berbagai tindakan dalam masyarakat yang dilakukan oleh individu, kelompok, dan pemerintah. Adaptasi dilatarbelakangi oleh berbagai faktor termasuk perlindungan terhadap kesejahteraan dan keselamatan. Hal tersebut dapat dilakukan secara individu atas dasar kepentingan pribadi, atau tersusun dalam aksi pemerintah dan publik untuk melindungi penduduknya (Adger *et al.*, 2005).

Burton *et al.* (1993) dalam Adger *et al.* (2005) menjelaskan klasifikasi adaptasi yang berbasis pada strategi sering kali berfokus pada tingkat kerugian yang diderita, kerugian yang dapat dihindari, modifikasi kejadian, pencegahan dampak, pengubahan pemanfaatan, atau pemindahan lokasi. Klasifikasi ini merupakan ekspansi dari tiga landasan adaptasi:

- a. Mengurangi sensitivitas sistem yang terkena dampak, misalnya dengan memastikan bangunan di kawasan banjir dibangun dengan lantai dasar yang tahan banjir.
- b. Mengubah kapasitas sistem untuk menerima dampak perubahan iklim, misalnya meningkatkan kesiapan dan mitigasi terhadap bahaya.
- c. Meningkatkan daya tahan sistem sosial dan ekologi, hal ini dapat dicapai melalui berbagai tindakan yang tidak hanya meningkatkan kesejahteraan dan jaminan akses terhadap sumberdaya, tetapi juga tindakan yang spesifik yang dapat memulihkan kembali populasi tertentu dari kerugian yang dideritanya.

Adaptasi merupakan salah satu bentuk respon masyarakat dalam menyikapi perubahan lingkungan. Dibutuhkan sejumlah pengeluaran dalam melakukan tindakan responsif ini, khususnya yang bersifat pencegahan terhadap nilai kerugian yang lebih tinggi. Biaya adaptasi yang ditanggung masyarakat dapat berbeda satu sama lain. Hal ini didasarkan pada berbagai faktor sosial dan ekonomi masyarakat, serta tingkat dampak yang diterima oleh tiap individu.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian adalah kawasan di sepanjang pantai Tuban terletak antara 111°30' - 112°35' BT dan antara 6°40' - 7°18' LS dengan pantai sepanjang  $\pm 65$  km yang terbentang dari Barat ke Timur. Adapun ruang lingkup penelitian wilayah makro yakni wilayah pesisir Kabupaten Tuban yakni kecamatan-kecamatan yang berbatasan dengan perairan Laut Utara Jawa. Wilayah makro tersebut terdiri atas 5 kecamatan pantai (Kecamatan Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban dan Palang). Sedangkan wilayah mikro dalam penelitian ini yakni lahan di wilayah pesisir Kabupaten Tuban yang diprediksikan akan terkena dampak atau daerah 300 m dari garis pantai pada saat penelitian.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian Wilayah Mikro (300 m dari garis pantai dan Desa Pantai yang diprediksi terkena dampak langsung) dan lokasi penelitian Wilayah Makro (Lima Kecamatan pantai yaitu Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban, Palang)

## **3.2 Metodologi**

### **3.2.1 Tahap Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dengan mengumpulkan data-data sekunder dari instansi-instansi terkait dan pengamatan langsung di lapangan sebagai penguatan data sekunder yang tidak didapatkan. Adapun dalam hal ini teknik pengumpulan data tersebut secara garis besar dapat dijabarkan berikut ini :

#### **a. Teknik pengumpulan data sekunder**

Pengumpulan data ini dapat dilakukan sebelum melakukan survei primer. Pengumpulan data sekunder ini dengan mengumpulkan data dari sumber–sumber sekunder berupa kajian teoritis mitigasi maupun kerentanan bencana, data kenaikan permukaan air laut, maupun telaah dokumen yang ada.

##### **1. Kajian literatur**

Kajian literatur ini bersifat data normatif yang merupakan batasan atau teori penentuan skenario iklim, kenaikan permukaan air, perubahan garis pantai, metode-metode yang terkait dengan dampak perubahan iklim terhadap kerentanan wilayah pesisir .

##### **2. Survei instansi**

Dilakukan untuk mendapatkan data–data melalui instansi yang terkait dengan penelitian ini. Instansi tersebut yakni diantaranya Bappeda, DKP, Dinas Perairan, maupun BPS. Data-data yang dicari berupa fisik wilayah pesisir, kondisi sosial ekonomi masyarakat, infrastruktur wilayah pesisir dan sebagainya. Sedangkan Dehidros, Bakosurtanal, LAPAN dan BIG untuk data peta bathimetri, Peta RBI, Pasang surut dan Citra

##### **3. Telaah Dokumen**

Teknik ini dengan mencari dokumen terkait dampak perubahan iklim terhadap sumberdaya pesisir. Dokumen tersebut dapat berupa jurnal-jurnal yang relevan dengan penelitian ini

Data yang digunakan dalam penelitian ini, seperti terlihat pada Tabel 3.1:

Tabel 3.1 Data yang Digunakan dalam Penelitian

No	Jenis Data	Sumber Data	Satuan/Jumlah
1	Pasang surut	Stasiun Meteorologi Maritim Semarang dan Surabaya , BIG Pusat	25 tahun/m
2	Curah hujan, Suhu Air Laut	Stasiun Meteorologi Surabaya	15 tahun (m)
2	Gelombang	BIG Pusat	
3	Peta batimetri	Dishidros	2 peta beda tahun
4	Citra Satelit Multitemporal Landsat	LAPAN	1972-2013
5	Peta RBI	Bakosutanal	2 peta beda tahun
6	Kondisi Sosial Ekonomi Kawasan Pesisir, PDRB	BPS, Bappeda, DKP Kabupaten Tuban, Buku	2010 - 2014
7	ADBH, Harga Tanah	Desa	2000 - 2014
7	Sumberdaya Pesisir	DKP Kabupaten Tuban	
8	Curah Hujan	Dinas Pengairan Kabupaten Tuban	2000 -2014
9	Data Emisi	BLH Kabupaten Tuban	2010-2014

b. Teknik pengumpulan data primer

Teknik ini dilakukan melalui survei primer dengan melakukan observasi/pengamatan langsung di lapangan. Beberapa cara yang dilakukan ketika survey primer, yakni :

1. Pengamatan langsung (*Direct Observation*)

Cara ini dilakukan dengan melakukan tracking mulai titik acuan awal sampai titik acuan akhir, setiap 50 meter melakukan penentuan titik altitude, longitude di sepanjang 5 kecamatan pantai yaitu kecamatan Bancar, Tambakboyo, Jenu, Tuban dan Palang. Hal ini dilengkapi kamera digital, lembar pengamatan, maupun alat tulis. Adapun yang diamati secara langsung adalah kerusakan pantai, morfologi pantai, ekosistem pantai dan pantai dengan pengaruh kegiatan manusia, seperti yang diklasifikasikan oleh Hantoro (2004). Sedang yang dilakukan pengukuran adalah kemiringan pantai

2. Wawancara

Wawancara dilakukan guna melengkapi data-data sekunder yang belum didapatkan. Adapun poin pertanyaannya yakni pemahaman masyarakat tentang isu perubahan iklim, bentuk telah/akan dilakukan dalam rangka

penanganan bencana (mundurnya garis pantai, rob, dan lain-lain), serta sikap masyarakat jika bencana tersebut terjadi. Wawancara ditujukan pada *stakeholders* kunci (*stakeholders* masing-masing kecamatan) yang sekiranya paham terhadap hal ini dengan pertimbangan informasi signifikan dan ringkas. Pedoman/aturan yang digunakan yakni jika sudah terjadi pengulangan informasi maka penarikan sampel sudah bisa dihentikan. Sampel kunci berada pada *stakeholders* kecamatan dan kelurahan yang daerahnya diprediksi terkena dampak tersebut dan tidak menutup kemungkinan wawancara dilanjutkan melalui *snowballing* berdasarkan arahan *stakeholders* tersebut. Dalam studi ini dilakukan wawancara terhadap 15 *stakeholders* kecamatan pantai (Bancar, Tambakboyo, Bancar, Jenu, Tuban, Palang)

### **3.2.2 Tahap Pengolahan Data**

Data yang telah didapat, selanjutnya direkapitulasi. Adapun langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut ini:

#### **a Tahap Pengelompokan data**

Tahap ini merupakan pengolahan data dengan cara mengelompokkan data sesuai analisis yang ingin dilakukan.

#### **b Tahap Verifikasi Data**

Tahapan ini bertujuan untuk mengetahui validitas data yang diperoleh dari hasil survey. Verifikasi ini dilakukan terhadap data sekunder yang didapat. Data sekunder tersebut dapat ditanyakan kepada informan maupun mengadakan *crosscheck* di lapangan.

#### **c Tahap Penyajian**

Hasil olahan data yang dilakukan perlu ditampilkan secara representatif dan informatif. Tujuannya adalah agar mudah dipahami dan dimengerti maksud yang disajikan.

### **3.2.3 Tahap Analisis**

Analisis ini menggunakan metode kuantitatif. Penelitian ini menguji variabel yang sudah ditentukan diawal dan variabel-variabel tersebut sudah

membatasi arah penelitiannya. Selain itu juga menggunakan teknik analisis diskriptif komparatif, teknik ini digunakan sebagai cara penentuan alternatif strategi-strategi bagi Kabupaten Tuban dalam menghadapi kerentanan bencana atau kerusakan sumberdaya pesisir perubahan iklim.

### **3.3 Langkah-langkah Penelitian**

#### **3.3.1 Studi Area untuk memperoleh Memeroleh Gambaran Permasalahan Sumberdaya Pesisir Kabupaten Tuban**

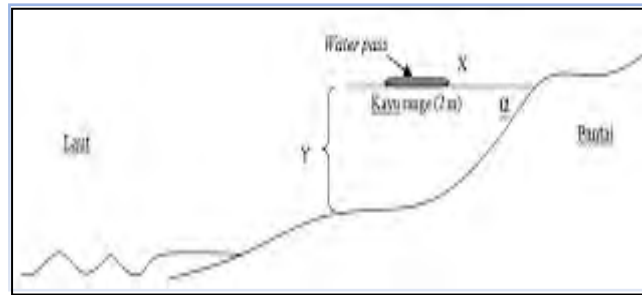
Untuk memperoleh gambaran Permasalahan yang ada di pesisir kabupaten Tuban, langkah yang dilakukan selama tracking pantai adalah:

1. Menentukan titik acuan awal, yaitu daerah perbatasan antara kabupaten Tuban dengan Kabupaten Rembang
2. Menentukan titik acuan akhir, yaitu daerah perbatasan antara kabupaten Tuban dengan Kabupaten Lamongan
3. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka perlu dilakukan pembagian profil pantai menjadi beberapa elemen atau biasa disebut dengan pias. Jarak antar pias 50 m
4. Setiap Piasnya di tentukan titik altitude, longitude dan elavasi dengan hand GPS sambil melakukan tracking sepanjang garis pantai. Titik koordinat ini yang nantinya digunakan sebagai acuan garis pantai hasil tracking pantai.
5. Data yang diambil selama tracking pantai adalah pasir pantai sebagai data sedimen, pengamatan kerusakan pantai, pengamatan morfologi pantai, ekosistem pantai dan aktivitas penduduk di sepanjang pantai (penggunaan pantai dalam aktivitas
6. Pengukuran kemiringan pantai:  
Melakukan pengukuran pantai dengan menggunakan water pass. Pengambilan data dengan water pass ditambah dengan peralatan lain seperti meteran, dan juga satu buah kayu range sepanjang 2 meter

Langkah:

- i. Meletakkan kayu range yang berukuran 2 m secara horizontal di atas pasir dan dilekatkan tepat pada batas pantai teratas.
- ii. Kemudian meletakkan waterpass di atas kayu range berukuran 2 m, lalu kayu tersebut dipastikan horizontal sampai air pada

alat water pass tepat berada di tengah.



Gambar 3.2 Pengukuran Kemiringan Pantai

- iii. Setelah dipastikan horizontal, menghitung ketinggian kayu range tersebut dengan meteran. Sehingga dapat diketahui kemiringan pantai tersebut dengan cara menghitung sudut yang dibentuk antara garis horizontal dan vertikal yang didapatkan. Pengukuran ini dilakukan dari batas pantai teratas sampai pantai yang tepat menyentuh air.
- iv. Kemiringan pantai dapat diperoleh dengan rumus:

$$\alpha = \arctan \frac{Y}{X} \quad \dots(3.1)$$

Keterangan

$\alpha$  = Sudut yang dibentuk ( $^{\circ}$ )

Y = Jarak antara garis tegak lurus yang dibentuk oleh kayu horizontal dengan permukaan pasir di bawahnya.

X = Panjang kayu range (2 m)

- v. Kemiringan lereng yang dilaksanakan dapat menggunakan klasifikasi USSSM dan USLE (Tabel 3.2)

Tabel 3.2 Pembagian kemiringan lereng berdasarkan klasifikasi USSSM dan USLE

Kemiringan lereng ( $^{\circ}$ )	Kemiringan lereng (%)	Keterangan	Klasifikasi USSSM* (%)	Klasifikasi USLE* (%)
< 1	0 - 2	Datar – hampir datar	0 - 2	1 - 2
1 - 3	3 - 7	Sangat landai	2 - 6	2 - 7
3 - 6	8 - 13	Landai	6 - 13	7 - 12
6 - 9	14 - 20	Agak curam	13 - 25	12 - 18
9 - 25	21 - 55	Curam	25 - 55	18 - 24
25 - 26	56 - 140	Sangat curam	> 55	> 24
> 65	> 140	Terjal		

\*USSSM = *United States Soil System Management*

USLE = *Universal Soil Loss Equation*

7. Pengamatan morfologi pantai, ekosistem pantai dan pantai dengan pengaruh kegiatan manusia, seperti yang diklasifikasikan oleh Hantoro (2004). Penentuan klasifikasi berdasarkan:
  - i. Morfologi Pantai (Pendleton *et al.*, (2005)) : (1. Pantai berbukit dan tebing batu terjal, 2. Pantai curam berbatuan, 3. Pantai dengan bukit atau paparan pasir, 4. Pantai landai atau datar, daerah estuarine, 5. Pantai lurus dan panjang dari pesisir datar, pantai berpasir, daerah mangrove dan coral reef)
  - ii. Ekosistem tutupan biota (Hantoro, 2004) : (a.Bakau, b.Terumbu karang, c. Bakau diatas terumbu karang, d. Rumpun laut, e. Estuarine dan daerah intertidal, f. Pantai Kering batu gamping, g.Lahan basah)
  - iii. Pantai dengan pengaruh kegiatan manusia (Hantoro, 2004): (i.Pemukiman tradisional, ii.Pemukiman baru, iii. Pelabuhan, iv Kota pesisir/kegiatan usaha penduduk /sawah, v. Pantai reklamasi, vi. Tambak, vii. Hunian wisata)
8. Pengambilan sampel tanah  
Sampel tanah diambil pada lokasi-lokasi yang terjadi erosi
9. Penentuan kondisi fisik alam wilayah pesisir
  - i. Kondisi Topografi diperoleh dari pengukuran langsung dilapangan dengan mengukur kemiringan dan ketinggian pantai kemudian dibandingkan dengan Peta Ketinggian dari DEM-SRTM
  - ii. Kondisi Geomorfologi diperoleh dari hasil interpretasi landforms dari citra Landsat-8 OLI dan Landsat-7 TM+. Untuk batas daerah yang dipetakan: pada wilayah daratan : batas Kabupaten Tuban (Bakosurtanal, 2008) ditambah buffer 1 km. sedang garis pantai : batas diambil dari Citra Landsat-8 OLI dan buffer 1 km.  
Hasil interpretasi ini kemudian dibandingkan dengan hasil survey lapangan.
  - iii. Kondisi Hidrologi dan Klimatologi diperoleh dari pengolahan data sekunder

10. Penentuan Kondisi Penggunaan Lahan diperoleh dari pengolahan data sekunder, begitu pula data untuk Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Pesisir
11. Penentuan Permasalahan Pesisir Kabupaten Tuban untuk permasalahan lokal diperoleh dengan survey lapangan baik dari observasi dan wawancara terhadap stakeholder sedangkan permasalahan global diperoleh dari pengolahan data sekunder

### **3.3.2 Menentukan Skenario Iklim dan Model Iklim yang Sesuai Dengan Wilayah Tuban**

Langkah penelitian yang dilakukan yaitu:

1. Mengolah data pasang surut

Pengolahan data pasang surut menggunakan metode *least square* untuk mendapatkan MSL, yang kemudian dicari tren kenaikan muka air laut (*Sea Level Rise*/SLR) sehingga bisa memprediksi kenaikan muka air laut untuk beberapa tahun kedepan.

2. Pemodelan dengan MAGICC

Pada tahap ini dilakukan pemodelan dengan menggunakan MAGICC, untuk penelitian ini digunakan skenario yang dijadikan acuan adalah *Special Report on Emission Scenarios* (SRES) dan parameter model yang digunakan adalah CSIRO.

3. Validasi Output

Pada tahap ini dilakukan validasi hasil SLR pemodelan dari MAGICC dibandingkan dengan SLR hasil dari data pasang surut (1985-2014)

### **3.3.3 Memodel perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak *sea level rise* sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir Tuban.**

Untuk mengetahui perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Tuban sebelum mengembangkan model prediksi perubahan garis pantai, maka dilakukan analisa perubahan garis pantai dengan menggunakan DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*). Hasil perubahan pantai hasil perhitungan DSAS ini menunjukkan posisi perubahan garis pantai yang terjadi di Kabupaten Tuban

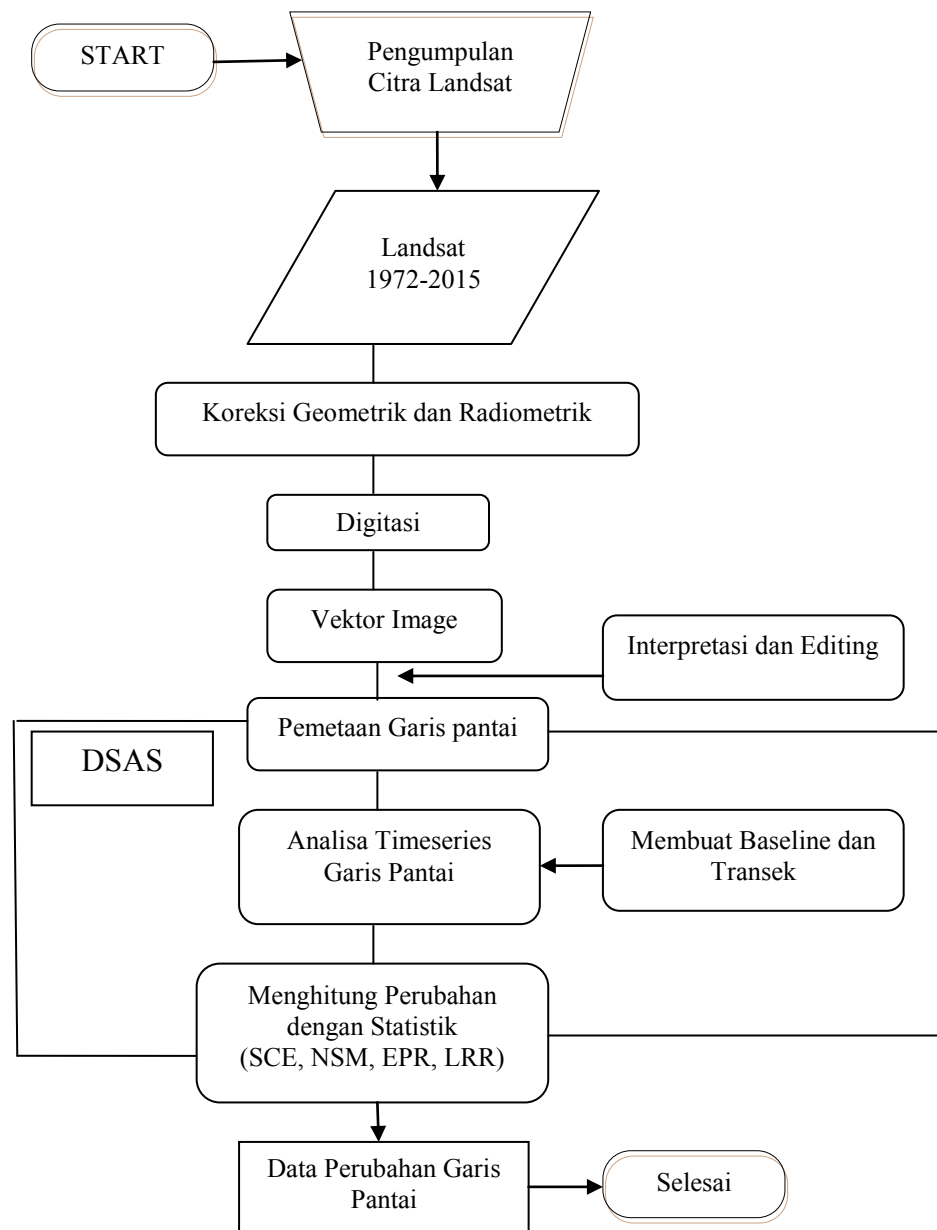


- apakah terjadi kemunduran garis pantai baik sebagian atau seluruhnya
- lokasi mana yang mengalami garis pantai maju atau mundur

Setelah mengetahui posisi yang tepat maka diambil lokasi yang mewakili masing-masing kecamatan pantai untuk dilakukan pengembangan model prediksi perubahan garis pantainya dengan menggunakan model Bruun dan Hennecke

### 3.3.3.1 Analisa dengan DSAS

Langkah-langkah mendapatkan dan membuat garis pantai sehingga dapat dianalisa menggunakan DSAS seperti dijelaskan pada Gambar 3.3



Gambar 3.3. Diagram Alir Pengolahan Perubahan Garis Pantai dengan DSAS

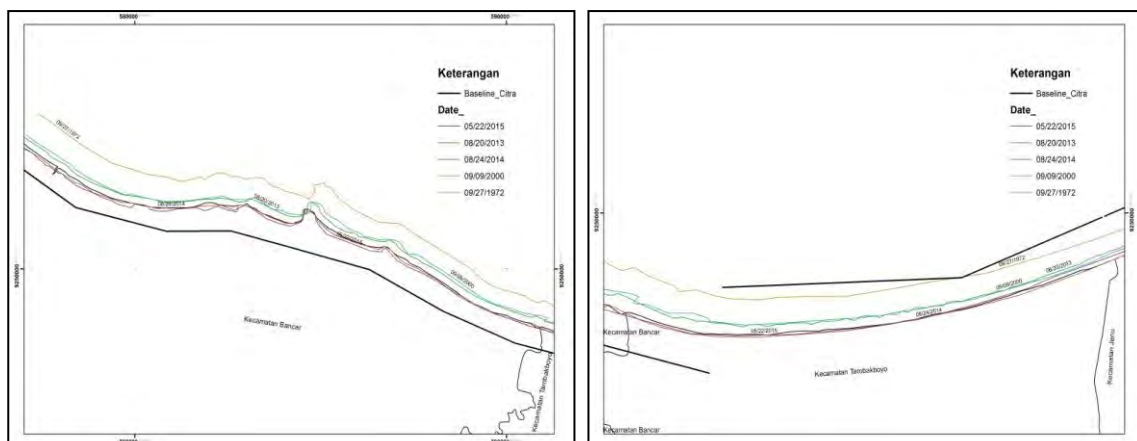
## Langkah kerja Analisa DSAS

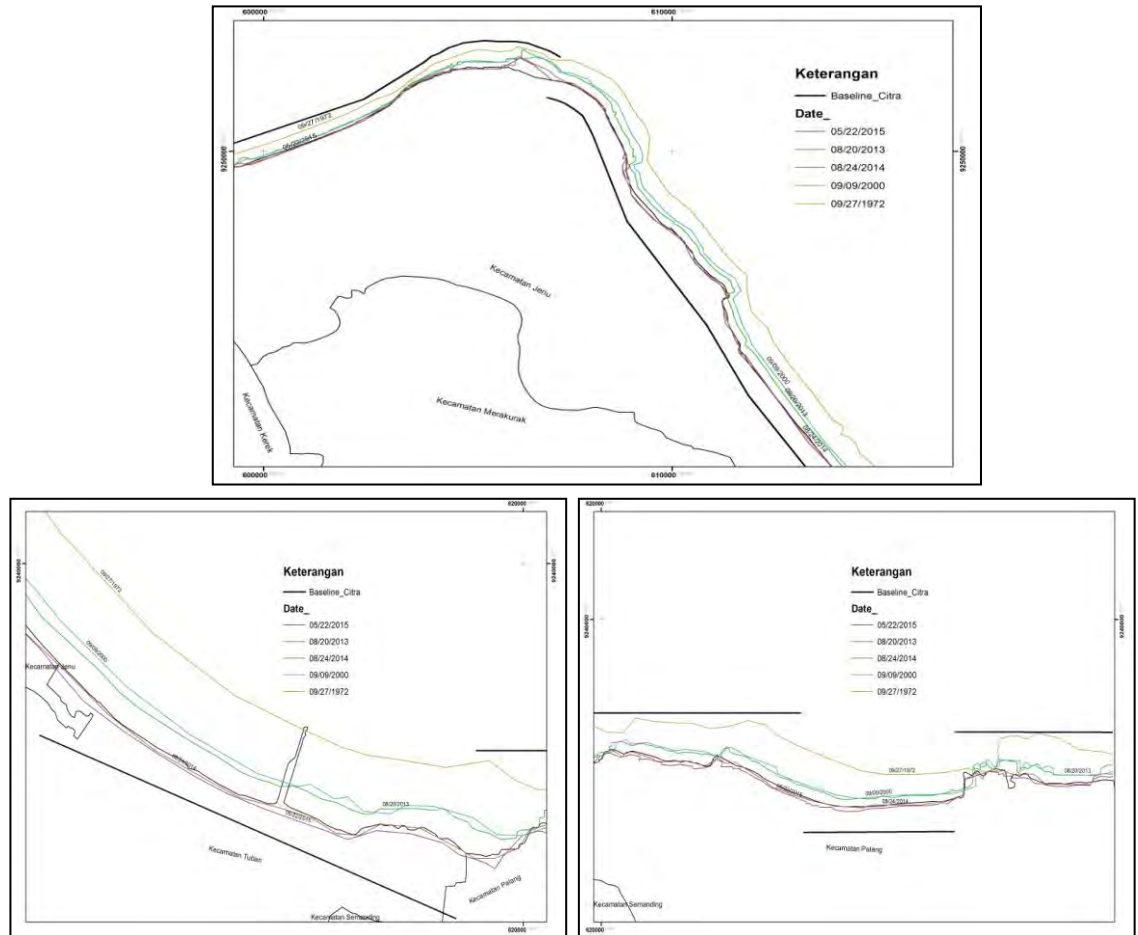
- a. data citra satelit yang digunakan dalam penelitian ini jenis satelit dan waktu akusisi yang digunakan seperti yang tercantum pada Tabel 3.3

Tabel 3.3 Data Citra Satelit Multitemporal yang Digunakan untuk Memperoleh Garis Pantai

Waktu akusisi	Satelit	Sensor	Resolusi (m)
27-09-1972	Landsat 1	MMS	80
09-09-2000	Landsat 7	ETM+	30
20-08-2013	Landsat 8	ETM+	30
24-08-2014	Landsat 8	ETM+	30
22-05-2015	Landsat 8	ETM+	30

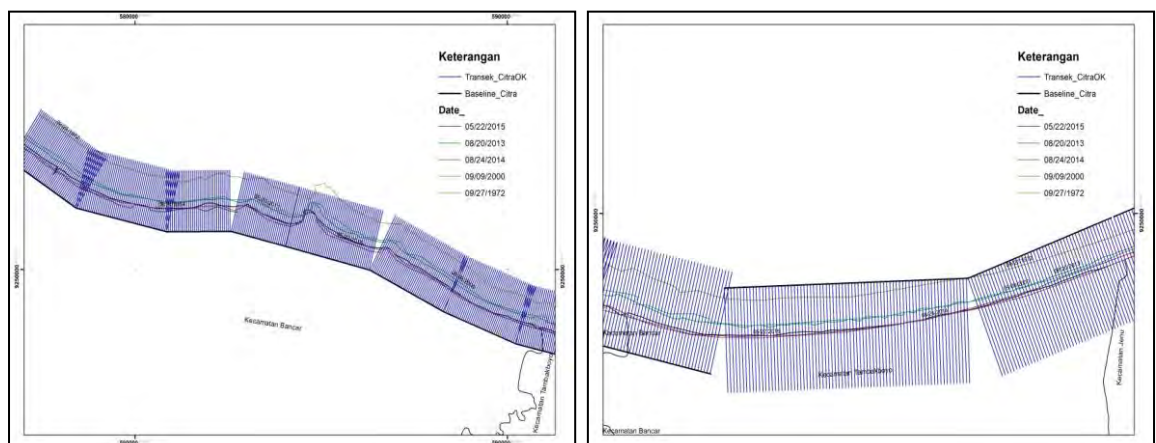
- b. Melakukan koreksi geometrik untuk menyamakan posisi dan lokasi geografisnya dan untuk menghindari pergeseran yang dapat menyebabkan kesalahan, khususnya dalam analisis perubahan garis pantai. Resampling citra dilakukan juga untuk menyamakan resolusi spasial
  - c. Melakukan cropping sesuai wilayah studi yaitu kabupaten Tuban
  - d. Melakukan metode digitasi yaitu *digitasi on screen* pada layar monitor dengan menggunakan software Autocad untuk memperoleh garis pantai
  - e. Untuk mengetahui perubahan garis pantai perubahan dengan menggunakan DSAS. Maka langkah-langkah yang harus dilalui adalah (1) menentukan garis dasar (*baseline*), (2) menghasilkan transek orthogonal yang melintang sepanjang pantai, dan (3) menghitung tingkat perubahan (SCE, NSM, EPR, dan LRR).
1. Pertama, *baseline* dihasilkan dari garis pantai hasil survey lapangan, dari garis tersebut dilakukan *buffer* dengan jarak 500 m ke arah kanan dan kiri garis tersebut (ke arah darat atau ke laut). Kemudian *baseline* dipilih sesuai dominasi arah perubahan dan sejajar dengan orientasi umum dari garis pantai. (Gambar 3.4)

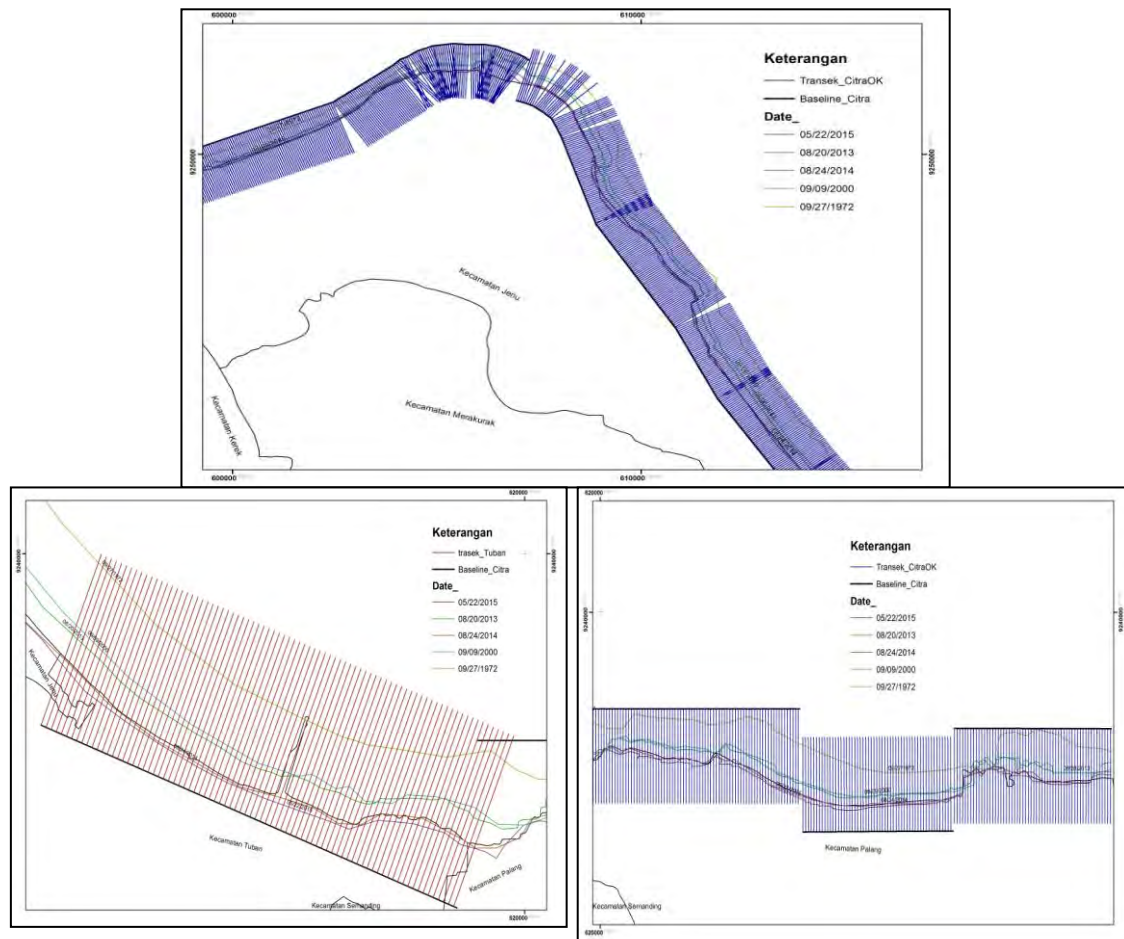




Gambar 3.4 Baseline yang dihasilkan dari *buffer* garis pantai hasil survey lapangan (Oktober-Desember 2013)

2. Kedua, membuat garis transek secara teratur dibangun dengan jarak 50 m sepanjang sekitar 65 km bentangan panjang pantai. (Gambar 3.5)





Gambar 3.5 Garis transek orthogonal yang melintang sepanjang pantai

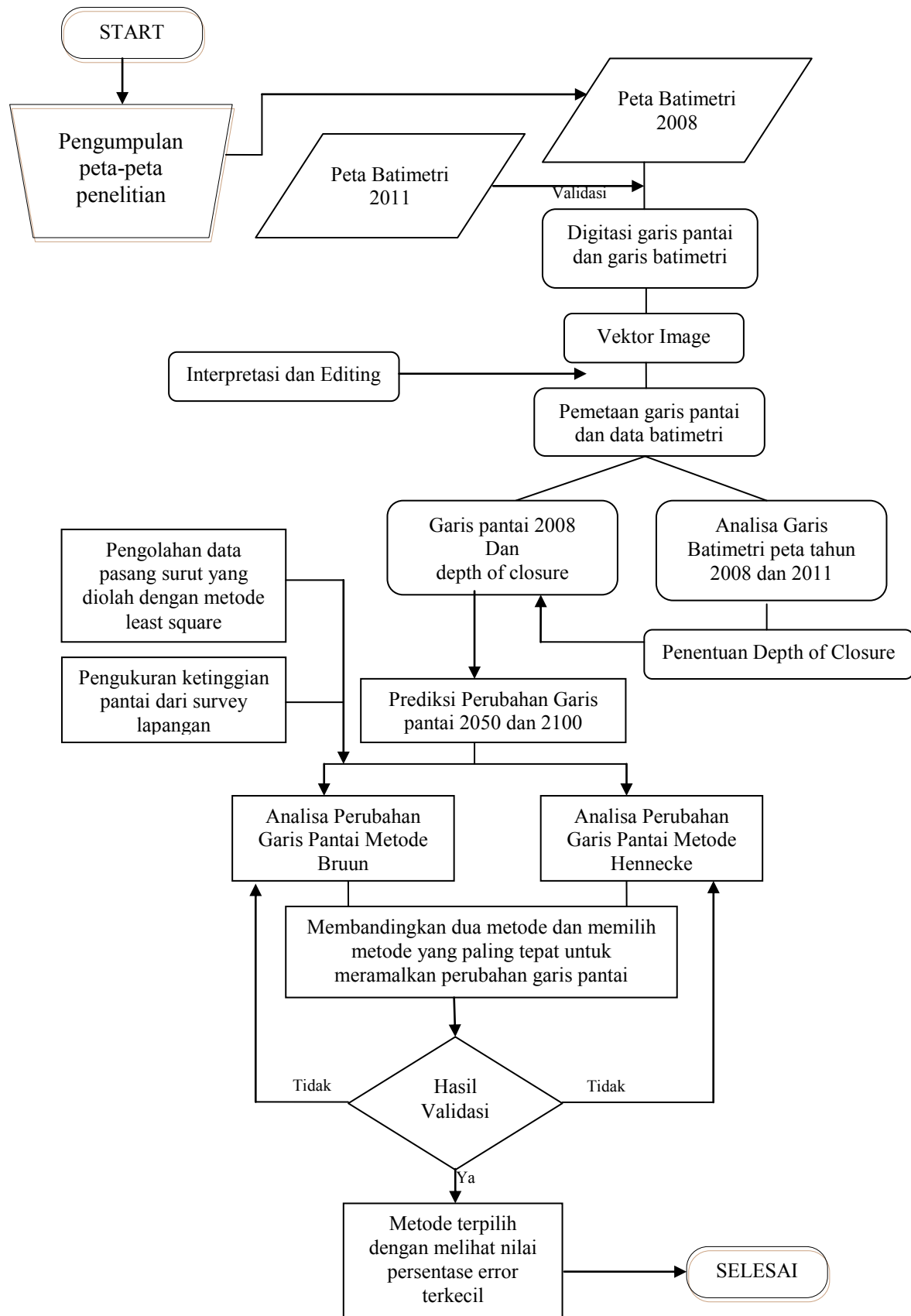
### 3. Ketiga, menghitung perubahan garis pantai

Untuk menghitung perubahan garis pantai dengan metode statistik yang umum digunakan adalah SCE, NSM, EPR dan LRR. SCE (*Shoreline Change Envelope*): mengukur total perubahan garis pantai dari jarak garis pantai terjauh dan terdekat dari baseline pada setiap transek tanpa mengacu pada tanggal garis pantai tersebut. NSM (*Net Shoreline Movement*): mengukur perubahan bersih (net) garis pantai berdasarkan jarak, bukan rata-rata. NSM ini dikaitkan dengan tanggal dan hanya dua garis pantai, yaitu jarak total garis pantai antara tahun tertua dan termuda pada masing-masing transek. EPR (*End Point Rate*) dihitung dengan membagi jarak perubahan garis pantai dengan waktu tertua dan termuda. LRR (*Linear Regression Rate*) secara umum diterapkan untuk mengekspresikan gerakan garis pantai dan memperkirakan tingkat perubahan. dapat ditentukan dengan menggunakan *a least-squares regression line* untuk semua titik garis pantai pada transek tertentu.

### 3.3.3.2 Perubahan Garis Pantai Akibat *Sea Level Rise*(SLR)

Perubahan garis pantai akibat sea level rise ini menggunakan dua metode, yaitu Metode Bruun Rule (1988) dan Metode Hennecke (2004). Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengembangkan model prediksi perubahan garis pantai adalah

1. Mengumpulan data meliputi data pasang surut, peta batimetri.
2. Melakukan digitasi peta bathimetri 2008 dan 2011 pada garis pantai dan garis bathimetri sebagai dasar *depth of closure* dengan menggunakan Autocad
3. Melakukan validasi terhadap hasil digitasi garis pantai dan garis bathimetri dengan peta bathimetri 2011 untuk memperoleh posisi *depth of closure* dengan tepat
4. Prediksi SLR hasil MAGICC yang sudah divalidasi dengan data pasang surut lokal digunakan sebagai Nilai “S” (kenaikan muka air laut)
5. Adapun langkah kerja analisa prediksi perubahan garis pantai dengan model bruun dan hennecke (Gambar 3.6)
6. Analisa perubahan garis pantai menggunakan metode Bruune Rule. Untuk mendapatkan hasil yang akurat maka perlu dilakukan pembagian profil pantai menjadi beberapa elemen atau biasa disebut dengan pias. Semakin banyak pias yang diberikan maka semakin baik hasil yang diperoleh.
7. Analisa perubahan garis pantai menggunakan metode Hennecke.
8. Beberapa komponen yang digunakan dalam perhitungan formula kedua metode adalah
  - a. Nilai *S* didapat dari akumulasi selisih tiap MSL per-tahunnya
  - b. Nilai *B* atau ketinggian pantai merupakan tinggi bukit pasir dari garis pantai. Data ini diperoleh dari pengukuran langsung dari lokasi studi, dimana nilai *B* adalah bervariasi pada masing-masing lokasi
  - c. Nilai *L* atau panjang profil pantai merupakan jarak yang dihitung dari titik *closure depth* sampai dengan bibir pantai (*shoreline*). Nilai ini diukur dari peta batimetri yang dibagi menjadi beberapa pias dengan jarak tiap pias adalah 50 m



Gambar 3.6 Diagram Alir Pengolahan Prediksi Perubahan Garis Pantai Akibat SLR dengan Metode Bruun dan Hennecke

- d. Nilai  $h$  atau *closure depth* adalah kedalaman dasar profil laut dimana pertukaran transportasi sedimen di lepas pantai nilainya sangat kecil, sehingga sudah jarang terjadi pertukaran sedimen
9. Memprediksi perubahan garis pantai yang terjadi akibat kenaikan muka air laut.
10. Dengan metode Bruune Rule dan Hennecke didapatkan perubahan garis pantai. Dan persentase nilai error terkecil ialah hasil yang paling valid.
11. Mencari Model prediksi perubahan garis pantai dengan menggunakan nilai persentase *error* paling terkecil.

### 3.3.4 Mengembangkan model kerusakan pesisir

Langkah pengukuran kerentanan pantai pada wilayah pesisir Kabupaten Tuban menggunakan 3 tahapan yaitu :

Tahap pertama adalah penentuan parameter indeks kerentanan pantai

Pada tahap parameter yang digunakan sebagai indeks kerentanan pantai dibedakan menjadi dua yaitu

- a) penilaian kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan dengan menggunakan 10 parameter fisik yaitu: (1). Geomorfologi pantai ( $GF$ ), (2) Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/ $E$ ), (3) Tunggang pasut (Tidal Range) rata-rata ( $TR$ ), (4) Tinggi Gelombang Signifikan(  $SWH$ ), (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif ( $KMR$ ), (6) Perubahan Garis Pantai ( $PGP$ ) , (7) Penggunaan Lahan ( $PL$ ), (8) Litologi ( $L$ ), (9) Luas Kerusakan Pantai ( $KP$ ), (10) Lebar sabuk hijau ( $SH$ ) merupakan modifikasi dari persamaan umum dengan parameter indeks kerentanan pantai dari beberapa peneliti (Gornitz *et al.*, 1997; Thieler and Hammar-Klose, 2000; Pendleton *et al.*, 2005; Boruff *et al.*, 2005; DKP, 2004; Abuodha and Woodroffe, 2006).
- b) penilaian kerentanan pantai akibat sea level rise menggunakan 6 parameter fisik yang merupakan modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) yaitu parameter geologi (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan parameter proses fisik laut (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan). Parameter ini yang biasa digunakan sebagai

analisa tingkat kerentanan terhadap SLR dan 7 parameter kegiatan manusia (Özyurt, 2007)

Tahap II adalah pemrosesan perolehan Parameter indeks kerentanan pantai

1. Geomorfologi ini hasil interpretasi landforms dari citra Landsat-8 OLI dan Landsat-7 TM+. Untuk batas daerah yang dipetakan: pada wilayah daratan : batas Kabupaten Tuban (Bakosurtanal, 2008) ditambah buffer 1 km. sedang garis pantai : batas diambil dari Citra Landsat-8 OLI dan buffer 1 km. Penyusunan data geomorfologi yang diperoleh dikelompokkan ke dalam kelas-kelas dalam modifikasi dari Thieler and Hammar-Klose. (2000)
2. Menentukan ketinggian/elevasi permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m hasil resampling dari data SRTM DEM 90m. Data DEM dalam format raster selanjutnya diklasifikasi berdasarkan kisaran ketinggian menurut skoring perhitungan indeks kerentanan pesisir yang dilakukan oleh Gornitz *et al.* (1997). Klasifikasi nilai ketinggian yaitu 0-5 m; 5,1-10 m; 10,1-20 m; 20,1 – 30 m dan lebih dari 30 m. Informasi elevasi/ketinggian permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m dalam format raster. Informasi elevasi berfungsi menggantikan parameter kelerengannya pantai (Pendleton *et al.*, 2005)
3. Data pasang surut yang diperoleh dari Bakosurtanal yang diolah program least square diperoleh juga Rata-rata Air Pasang Tertinggi (*Mean Highest Water Level/MHWL*), Rata-rata Air Pasang-Surut (*Mean Water Level/MWL*), Rata-rata Air Surut Terendah (*MeanLowest Water Level/MHWL*), dan Tunggang Pasut (*Tidal Range*). Dalam penentuan indeks kerentanan pesisir hanya diperlukan nilai tunggang pasut rata-rata yang mewakili lokasi kajian
4. Tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat menentukan tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*, SWH) yaitu rata-rata tinggi gelombang dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Rata-rata tinggi gelombang signifikanpertahun ini yang menjadi parameter indeks kerentanan peisis



karena dapat mempengaruhi perubahan garis pantai dan kondisi geomorfologi daerah tersebut (Triatmodjo, 1999).

5. Perubahan garis pantai diperoleh dari Metode Bruun atau Hennecke
6. Kenaikan Muka laut relative diperoleh dari hasil Model MAGICC
7. Penggunaan lahan, penggunaan lahan di lokasi penelitian merupakan data existing pada tahun 2014 yang diperoleh dari pemetaan di lapangan secara langsung, yang kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis
8. Data litologi diperoleh dari pengambilan sampel sedimen di lokasi penelitian, kemudian dilakukan analisa grain size, dan dilakukan perhitungan statistik terhadap analisis ukuran butir sedimen meliputi mean, sortasi, Skewness dan kurtosis dengan menggunakan rumus menurut Folk dan Ward (1957) dalam Boggs (1995). Sedangkan untuk mengetahui jenis sedimen dilakukan perhitungan persentase berat butiran sedimen menggunakan *Gravel Sand Mud* diagram
9. Luas kerusakan pantai, diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan pada bulan Agustus-Desember 2013, kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis
10. Lebar Sabuk Hijau, diperoleh dari pengukuran langsung di lapangan pada bulan Oktober-Desember 2013, kemudian dipetakan dengan menggunakan ArcGis

Tahap ketiga adalah pembobotan (*scoring*) adalah

1. Tahap analisa dengan *scoring* seluruh informasi spasial parameter yang telah dihasilkan, diintegrasikan untuk dihitung nilai indeks kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan dan terhadap kenaikan muka air laut di setiap kecamatan pesisir. Pada penelitian ini parameter tentang aturan DAS tidak digunakan mengingat belum adanya aturan yang digunakan sebagai acuan, sehingga hanya menggunakan 6 parameter

Adapun pembobotan parameter fisik kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan ditunjukkan pada Tabel 3.4, sedangkan terhadap kenaikan muka air laut Tabel 3.5 dan 3.6

Tabel 3.4 Pembobotan Parameter Fisik Kerentanan Pantai terhadap Ancaman Kerusakan

No	Parameter	Bobot/Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Geomorfologi Pantai (GF) <sup>(1)</sup>	Tebing Tinggi	Tebing Sedang	Tebing rendah, dataran alluvial	Estuarine, Laguna	Pantai berpasir, Rawa, payau, paparan lumpur, delta, mangrove, karang
2	Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/E) (dalam m) <sup>(2)</sup>	>30,0	20.1-30.0	10.1-20.0	5.1-10.0	0.0-5.0
3	Jarak pasang-surut Rata-rata (TR) (dalam m) <sup>(3)</sup>	> 6.0	4.0-6.0	2.0-4.0	1.0-2.0	< 1.0
4	Tinggi Gelombang Signifikan (SWH) (dalam m) <sup>(3)</sup>	< 0.55	0.55-0.85	0.85-1.05	1.05-1.25	> 1.25
5	Kenaikan Muka Air Laut Relatif (KMR) (dalam mm/th) <sup>(3)</sup>	< 1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	> 3.4
6	Perubahan Garis pantai Relatif (PGP)	Hasil perhitungan Perubahan Garis pantai disesuaikan kondisi lapangan (adanya akresi, erosi). Ada 2 Acuan skor				
	Perubahan Garis pantai Relatif (m/th) (akresi dan abrasi) <sup>(3)</sup>	> 2.0 (akresi)	1.0-2.0 (akresi)	-1.0-1.0 (stabil)	-2.0- -1.0 (abrasi)	< -2.0 (abrasi)
	Perubahan Garis pantai Relatif (m/th) (abrasi) <sup>(4)</sup>	0	0-1	1.01-5	5.01-10	> 10
7	Penggunaan lahan (PL) <sup>(6)</sup>	Tegalan, hutan bakau, tanah kosong dan rawa	Daerah wisata domestik dan tambak tradisional	Persawahan dan tambak intensif	pemukiman, pelabuhan, perkantoran, jalan propinsi, dan sekolah	cagar budaya, daerah wisata berdevisa, industri, jalan negara dan fasilitas pertahanan negara
8	Litologi (L) <sup>(7)</sup>	Batuan		Sedimen		
		Batuan beku, sedimen dan metamorf kompak dan keras	Batuan sedimen, berbutir halus, kompak dan lunak	Gravel dan pasir agak kompak	Pasir, lanau, lempung agak kompak	Pasir, lanau, lempung, lumpur
9	Panjang Kerusakan pantai	<0.5 km	0.5 – 2 km	2.0 – 5 km	5.0 -10	> 10 km
	Lebar Kerusakan Pantai	0 m	1-10 m	10-50 m	50-100 m	>100 m
	Luas Kerusakan Pantai (KP) <sup>(6)</sup>	< 0.5 km <sup>2</sup>	0.5-20 km <sup>2</sup>	20-50 km <sup>2</sup>	50-100 km <sup>2</sup>	> 100 km <sup>2</sup>
10	Lebar Sabuk Hijau (SH) <sup>(6)</sup>	>1500 m	(1000 -1500) m	(500- 1000) m	(50-500) m	< 50 m

Sumber : Thieler and Hammar-Klose, 2000<sup>(1)</sup>; Gornitz *et al.* 1997 <sup>(2)</sup>; Pendleton *et al.*, 2005 <sup>(3)</sup>; Boruff *et al.*, 2005<sup>(4)</sup>; Studi Pustaka<sup>(5)</sup>, DKP, 2004<sup>(6)</sup>; Abuodha dan Woodroffe, 2006 <sup>(7)</sup>

Tabel 3.5 Pembobotan Parameter Fisik Kerentanan Pantai Terhadap Sea Level Rise

No	Parameter	Bobot/Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Geomorfologi Pantai (GF)	Tebing Tinggi	Tebing Sedang	Tebing rendah, dataran alluvial	Estuarine, Laguna	Pantai berpasir, Rawa, payau, paparan lumpur, delta, mangrove, karang
2	Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/E) (dalam m)	>30,0	20.1-30.0	10.1-20.0	5.1-10.0	0.0-5.0
3	Jarak pasang-surut Rata-rata (TR) (dalam m)	> 6.0	4.0-6.0	2.0-4.0	1.0-2.0	< 1.0
4	Tinggi Gelombang Signifikan (SWH) (dalam m)	< 0.55	0.55-0.85	0.85-1.05	1.05-1.25	> 1.25
5	Kenaikan Muka Air Laut Relatif (KMR) (dalam mm/th)	< 1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	> 3.4
6	Perubahan Garis pantai Relatif (PGP)	Hasil perhitungan Perubahan Garis pantai disesuaikan kondisi lapangan (adanya akresi, erosi). Ada 2 Acuan skor				
	Perubahan Garis pantai Relatif (m/th) (abrasi)	0	0-1	1.01-5	5.01-10	> 10

Sumber : Pendleton *et al.* (2005), Gornitz *et al.* (1997)

Tabel 3.6 Pembobotan Parameter Pengaruh Manusia Kerentanan Pantai Terhadap Sea Level Rise

No	Parameter	Bobot/Kelas Kerentanan				
		Tidak rentan	Kurang rentan	Sedang	Rentan	Sangat rentan
		1	2	3	4	5
1	Penambangan Pasir	>80%	60-80%	40-60%	20-40%	<20%
2	Aturan DAS	Tidak terpengaruh		Terpengaruh sedang		Sangat terpengaruh
3	Reklamasi pantai	<5%	5-20%	20-30%	30-50%	>50%
4	Konsumsi Air Tanah	>20%	20-30%	30-40%	40-50%	>50%
5	Pola penggunaan Lahan	Kawasan Lindung	Tidak diklaim	Pemukiman	Industri	pertanian
6	Perlindungan alami terhadap degradasi	>80%	60- 80%	40- 60%	20 -40%	<20%
7	struktur perlindungan pantai	>50%	30- 50% 2	20- 30%	5 - 20%	<5%

Sumber :Özyurt (2007)

2. Modifikasi yang dilakukan dalam penentuan Indeks kerentanan pantai di pesisir Kabupaten Tuban antara lain:

- a. menggantikan parameter kelerengan pantai dengan elevasi/ketinggian permukaan tanah mengingat topografi wilayah kajian merupakan daerah yang relatif landai. Elevasi permukaan tanah digunakan oleh Gornitz *et al.* (1997) sebagai salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan kerentanan wilayah pesisir.
  - b. Penskoran untuk perubahan garis pantai menggunakan perhitungan dengan menggunakan hasil DSAS (belum ada perhitungan dengan kenaikan muka air laut),
  - c. Penentuan Indeks kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan menggunakan modifikasi beberapa peneliti yaitu Thieler and Hammar-Klose, (2000); Gornitz *et al.* (1997); Pendleton *et al.* (2005); Boruff *et al.* (2005); DKP, (2004); Abuodha. dan Woodroffe,(2006)
  - d. Penentuan Indeks kerentanan pantai terhadap SLR merupakan modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) dan Özyurt, (2007)
  - e. Modifikasi dilakukan juga pada penyajian informasi indeks kerentanan pesisir secara spasial dimana berdasarkan metode Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) digunakan grid sel ukuran 0,25° x 0,25° (27,78 km<sup>2</sup>) koordinat geografis di sepanjang wilayah kajian. Sedangkan dalam penelitian ini grid sel yang digunakan batas desa, diukur dari garis pantai ke (*shoreline*) ke arah darat sepanjang 300 m sehingga diperoleh 45 sel. Penggunaan batas desa dan kecamatan dalam penyajian indeks kerentanan pesisir bertujuan memudahkan mengidentifikasi secara spasial wilayah yang rentan terhadap ancaman kerusakan dan kenaikan muka air laut.
3. Sehingga indeks kerentanan pesisir dihitung dengan formulasi sebagai berikut sebagai berikut:

$$CVI = \sqrt{\frac{(parameter A * parameter B ..... * parameter ke-n)}{\Sigma parameter}} \quad .....(3.2)$$

dimana:

CVI = Indeks Kerentanan pantai

4. Setelah hasil perhitungan diperoleh, indeks kerentanan pesisir yang selanjutnya dikelompokkan menjadi 5 kelas yaitu wilayah yang tidak rentan, kurang rentan, sedang, rentan dan sangat rentan. Nilai berkisar antara 1 dan 5 yang

Pengelompokan kelas dilakukan dengan membaginya berdasarkan persen dengan kisaran antar kelas 20%. Nilai yang kurang dari sama dengan 20% termasuk kelas tidak rentan, 20% – 40% termasuk dalam kelas kurang rentan, 40% – 60% kelas sedang, 60% – 80% masuk dalam kelas rentan, dan lebih dari 80% masuk kelas sangat rentan

5. Dampak SLR dihitung dengan rumus

$$CVI_{\text{impact}} = \frac{(0.5 \times \sum_1^n PP_n) + (0.5 \times \sum_1^m HP_m)}{CVI_{\text{least vulnerable}}} \dots\dots(3.3)$$

di mana: PP = Parameter Fisik; (Tabel 3.5)

HP = Parameter Pengaruh Manusia;

n dan m = jumlah parameter fisik dan pengaruh manusia  
 $CVI_{\text{least vulnerable}}$  = nilai indeks kerentanan (rentan-sangat rentan)

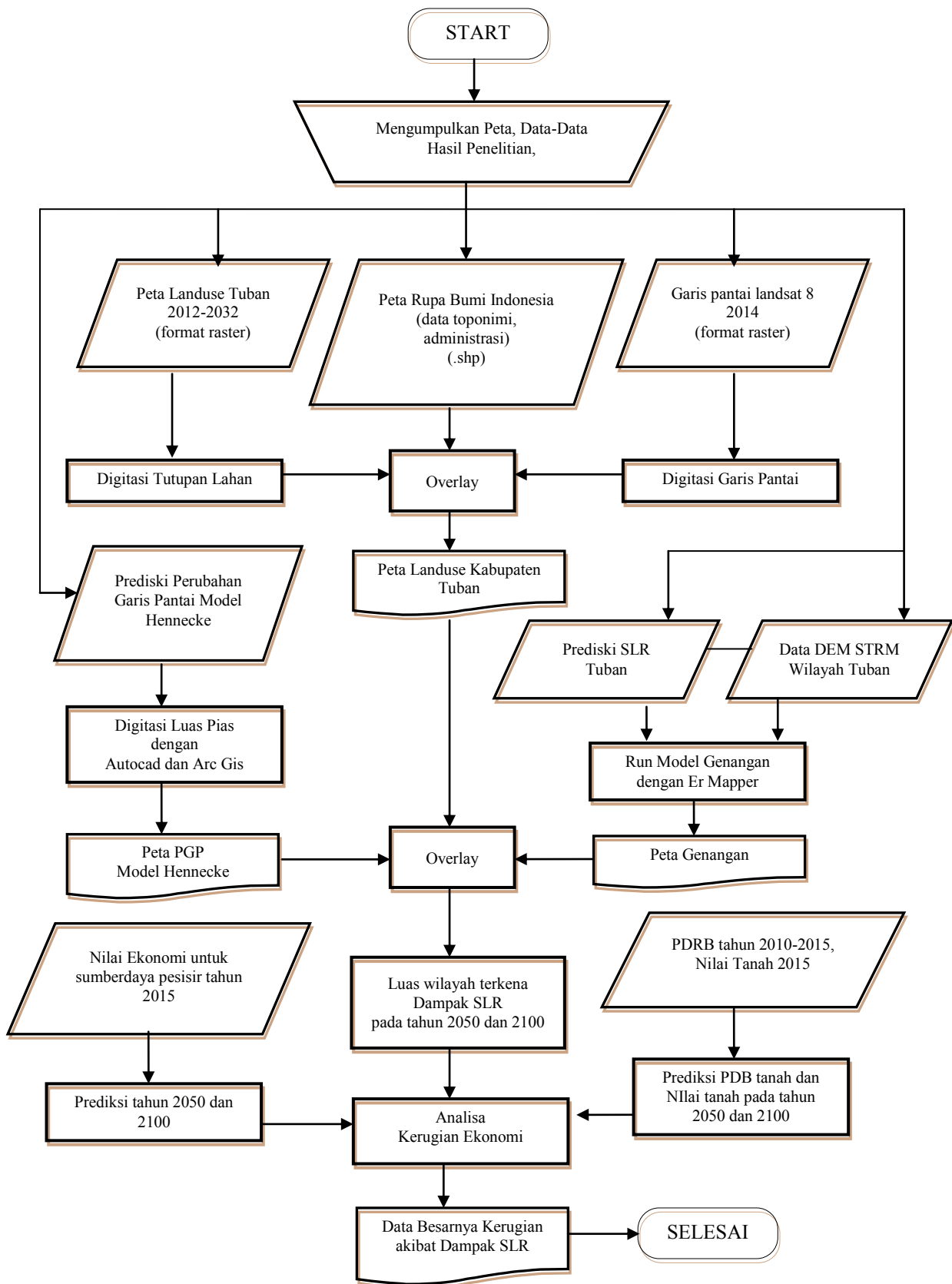
$$CVI (SLR) = \frac{\sum_{i=1}^5 \text{Total impact}}{\sum_{i=1}^5 \text{Least Vulnerable Case}} \dots\dots(3.4)$$

dimana nilai CVI (SLR) ditentukan sebagai berikut:

Tidak Rentan:	$1 \leq CVI (SLR) < 1,5$
Kurang Rentan:	$1.5 \leq CVI (SLR) < 2.5$
Kerentanan Sedang:	$2.5 \leq CVI (SLR) < 3,5$
Kerentanan Tinggi (Rentan):	$3,5 \leq CVI (SLR) < 4,5$
Sangat Rentan:	$4,5 \leq CVI (SLR) < 5$

### 3.3.5 Perhitungan Kerugian Ekonomi terhadap dampak kenaikan permukaan air laut

Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dalam perhitungan ekonomi, diperlukan beberapa indikator. Oleh karena itu perlu dipilih indikator yang tepat dalam melakukan perhitungan kerugian ekonomi sehingga dapat mencerminkan proses secara kuantitatif dan konsekuensi dari dampak dari kenaikan muka air laut. Adapun indikator yang digunakan dalam menghitung kerugian ekonomi tersebut antara lain seperti pada Tabel 3.7. Sedangkan diagram alir untuk Pembuatan peta dan perhitungan kerugian ekonomi terhadap dampak SLR pada Gambar 3.7



Gambar 3.7 Diagram Alir Pembuatan peta dan perhitungan kerugian ekonomi terhadap dampak SLR

Tabel 3.7 Indikator Penilaian Kerugian Ekonomi Dampak dari SLR

Obyek Penilaian	Penilaian Utama	Indikator	Satuan	Data sumber
Kerugian Ekonomi Kabupaten Tuban	Dampak Langsung	Luas Daerah tergenang (TG)	m <sup>2</sup>	Hasil Analisa SLR dari data pasang surut 1985-2015
		Kemunduran Garis Pantai(TM)	m	Hasil Analisa Hennecke dan Bruun Rule
	Dampak Tidak langsung	Nilai Tanah (Nt)	Rupiah/ m2	BPN Tuban, 2015
		PDB per unit tanah (Pt)	Rupiah/m2	PDRB 2010-2015, BPS Tuban dan Analisa

### 3.3.5.1 Membuat peta dampak SLR berupa Peta Kemunduran Garis Pantai Model Hennecke dan Peta Genangan

Untuk mempermudah kerugian perhitungan ekonomi terlebih dahulu diperlukan peta penggunaan lahan eksisting, yang akan di *overlay* dengan peta dampak SLR .

Adapun langkah kerja :

1. Data penggunaan lahan eksisting diperoleh dari Bappeda dengan format .jpg, yaitu peta landuse eksisting tahun 2012 – 2013, dari data tersebut dibuat peta landuse dengan format .shp dengan menggunakan Arc-Gis 10.2.2 dengan dasar garis pantai citra landsat 8 Oli 2015
2. Membuat peta dampak SLR untuk Peta Kemunduran Garis Pantai Model Hennecke dalam format .shp untuk dapat di overlay dengan peta penggunaan lahan eksisting.
  - a. Melakukan digitasi perubahan garis pantai (PGP) Model Hennecke dengan menggunakan autocad. Karena data berupa luas pias dari peta bathimetri 2008 yang sudah divalidasi dengan 2011
  - b. Hasil digitasi di export ke format .shp untuk dilakukan overlay dengan peta landuse
3. Membuat peta dampak SLR untuk Peta Genangan dengan cara

- a. Melakukan koreksi titik ketinggian (*spot height*) dari citra DEM SRTM Wilayah Tuban
  - b. Memodelkan dampak genangan dengan menggunakan data prediksi SLR Tuban (Bab V) sebagai data inputan dalam software Er-Mapper
4. Untuk mengetahui besarnya dampak luasan wilayah yang hilang atau tergenang akibat SLR di lakukan *overlay* antara peta landuse dengan peta dampak SLR

#### **3.3.5.2 Membuat Acuan Nilai PDB per Unit Luas Tanah berdasarkan Pemanfaatan Tanah dan Lapangan usaha serta Harga Jual Tanah pada Tahun 2050 dan 2100**

Dalam penelitian ini prediksi kerugian ekonomi akibat kenaikan muka air laut dihitung secara langsung dari kerusakan properti dan asset yang ada di wilayah pesisir yang terkena dampak, dan dihitung secara tidak langsung dari pemanfaatan tidak langsung dari sumberdaya yang ada dengan menggunakan nilai PDB per unit luas tanah berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha, sedangkan prediksi total kerugian ekonomi dengan menggabungkan nilai PDB per m<sup>2</sup> dengan prediksi harga pasar/ nilai tanah pada tahun yang diteliti. . Tahapan pendekatan yang dilakukan dalam penelitian ini antara lain (1) melakukan identifikasi manfaat dan fungsi antar komponen sumberdaya (2) melakukan kuantifikasi seluruh manfaat dan fungsi ke dalam nilai uang

Adapun tahapan penentuan prediksi kerugian akibat dampak SLR antara lain:

1. Setelah mengetahui luas yang terkena dampak SLR melalui proses *overlay* antara peta landuse, peta dampak kemunduran dan peta genangan, maka dilakukan identifikasi manfaat dan fungsi dari sumberdaya yaitu dengan mengklasifikasikan tipe penggunaan lahan yang terdapat di Kabupaten Tuban Dalam penelitian ini terdapat 7 kategori penggunaan tanah untuk kabupaten Tuban sesuai manfaat tanah dan lapangan usaha yang ada di wilayah Tuban (sesuai PDRB Kabupaten Tuban) yaitu (1) tanah untuk pertanian, kehutanan dan perikanan, (2) tanah untuk pertambangan dan penggalian, (3) tanah untuk industri dan pengolahan, (4) tanah untuk perkotaan, (5) tanah



utilitas, (6) tanah untuk water area (7) tanah untuk bidang jasa sehingga dapat diketahui klasifikasi tipe penggunaan lahan

2. Melakukan kuantifikasi seluruh manfaat dan fungsi ke dalam nilai uang untuk mendapatkan nilai PDB tanah/m<sup>2</sup>. Dengan cara nilai PDRB Kabupaten Tuban Atas Dasar Harga Berlaku (ADHB) tahun 2010 -2015 diprediksi dengan menggunakan persamaan linier sehingga diperoleh nilai PDRB Kabupaten Tuban pada tahun 2050 dan 2100. Untuk memperoleh PDB tanah/m<sup>2</sup> menggunakan persamaan

$$PDB \text{ per unit tanah} = \frac{PDRB \text{ ADHB } (t)}{\text{luas lahan per lapangan usaha}} \dots\dots(3.5)$$

dimana :

PDB per unit tanah ( rupiah/m<sup>2</sup>) = (Pt)

PDRB ADHB (t) = Prediski PDRB ADHB tahun ke (hasil persamaan linier

Luas Lahan per lapangan usaha sesuai PDRB Kabupaten Tuban

3. Melakukan kuantifikasi harga pasar tanah per m<sup>2</sup> Kabupaten Tuban berdasarkan data BPN tahun 2015. Kemudian dilakukan prediksi peningkatan nilai tanah pada tahun 2050 dan 2100 (Nt) dengan asumsi laju peningkatan ekonomi wilayah tuban tetap.
4. Melakukan perhitungan prediksi total kerugian dampak dengan menggabungkan nilai kerugian berdasarkan nilai PDB tanah per m<sup>2</sup> dan nilai harga tanah pada tahun prediksi

$$Kerugian \text{ Ekonomi atas kemunduran garis pantai} = (Pt * TM) + (Nt*TM) \dots\dots(3.6)$$

$$Kerugian \text{ Ekonomi atas dampak genangan} = (Pt * TG) + (Nt*TG) \dots\dots(3.7)$$

### 3.3.5.3 Estimasi Kerugian terhadap Sumberdaya Pesisir

Estimasi kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir yaitu sumberdaya mangrove, sumberdaya udang/ikan (potensi tambak) dan pasir laut.

- a. Sumberdaya mangrove

kerugian ekonomi akibat kenaikan muka air laut dihitung secara langsung dari kerusakan properti dan asset yang ada di wilayah pesisir yang terkena

dampak, dihitung secara tidak langsung dari pemanfaatan tidak langsung dari sumberdaya yang ada, yaitu:

1. Identifikasi Manfaat dan Fungsi dari Sumber daya

a. Manfaat Langsung (ML)

$$ML = \sum_{i=1}^n ML_i \quad \dots (3.8)$$

Dimana : ML= Manfaat Langsung

n = jumlah jenis pemanfaatan

i = jenis pemanfaatan ke-i

b. Manfaat Tidak Langsung (MTL)

$$MTL = V \times L \quad \dots (3.9)$$

Dimana : MTL = Manfaat tidak langsung

V = Nilai fisik

L = Luas Area

c. Manfaat Pilihan (MP)

$$MP = Nb \times L \quad \dots (3.10)$$

Dimana : MP = Manfaat Pilihan

Nb = Nilai manfaat pilihan

L = Luas Area

2. Kuantifikasi seluruh manfaat yang telah diidentifikasi secara moneter

$$TEV = DUV + IUV + OV \quad \dots (3.11)$$

Dimana :

TEV = *Total Economic Value* ( Nilai Total Manfaat Ekonomi)

DUV = Nilai Penggunaan langsung (*direct use value*)

IUV = Nilai penggunaan tidak langsung (*indirect non use value*)

OV = Nilai pilihan (*option value*)

3. Prediksi Total Kerugian Mangrove

$$TKM = TEV(t) \times A(t)$$

TEV (t) = Nilai Total Manfaat Ekonomi tahun ke

A(t) = Luas lahan terkena dampak tahun ke

b. Sumberdaya Ikan/ Udang (Lahan Tambak Udang)

Lahan tambak adalah lahan yang digunakan untuk kegiatan ekonomi dimana kerugiannya menjadi tanggung jawab pemilik. Nilai lahan tambak dihitung dari

$$\delta(t) = \text{Total Pendapatan Usaha} * PDB \text{ tanah}$$

Nilai output ekonomi (total pendapatan usaha) berbeda-beda untuk setiap jenis komoditas. Setelah itu, maka total kerugian lahan tambak dapat diketahui melalui persamaan :

$$d(t) = \delta \times A$$

dimana A adalah luas hilang karena mundur garis pantai

Analisis nilai ekonomi usaha tambak dengan menggunakan Analisis Pendapatan yaitu kemampuan suatu usaha dalam mencari keuntungan dari besaran pengeluaran (modal) yang digunakan untuk menghasilkan pendapatan tersebut menurut Wullur dkk. (2013)

$$\pi = TR - TC$$

dimana:

TR : Total hasil produksi

$\pi$  : Total pendapatan

TC : Total pengeluaran

c. Pasir Laut (Sarana bidang perikanan dan kelautan)

Kerugian Ekonomi pada wilayah sarana bidang perikanan dan kelautan diduga dengan menghitung luas wilayah hilang dan nilai lahan terbangun dari wilayah tersebut.

$$H(t) = \beta \times A \times PDB \text{ tanah}$$

Dimana  $\beta$  adalah harga lahan terbangun per m<sup>2</sup>. Asumsi yang digunakan adalah nilai lahan terbangun sama untuk setiap wilayahnya.

**3.3.6 Menentukan strategi adaptasi sebagai dasar analisis opsi kebijakan pengelolaan penggunaan lahan pesisir sehingga didapatkan penataan pemanfaatan lahan yang lestari.**

Strategi yang diusulkan harus dapat memberi solusi perlindungan pantai dari dampak SLR yang berkelanjutan secara ekologis dan finansial. Adapun maksud keberlanjutan ekologis adalah strategi pengelolaan pesisir dan

memelihara proses pesisir secara alamiah dan kelestariannya secara alami, sedangkan keberlanjutan keuangan adalah kemampuan pemerintah dan pemilik tanah swasta untuk mendanai dan mempertahankan strategi pengelolaan pesisir, dapat juga didefinisikan nilai strategi pengelolaan pesisir yang di evaluasi sebagai strategi adaptasi alternative. Penentuan strategi dilakukan berdasarkan hasil analisis kerentanan dan kerugian ekonomi yang didapat. Pilihan strategi dalam penanganan dampak SLR strategi *protektif*, strategi *akomodatif*, dan strategi *retreat* dengan melibatkan pertimbangan *stakeholder* karena dengan dukungan *stakeholder* maka keputusan yang diambil oleh pengambil keputusan dapat berjalan dengan baik,

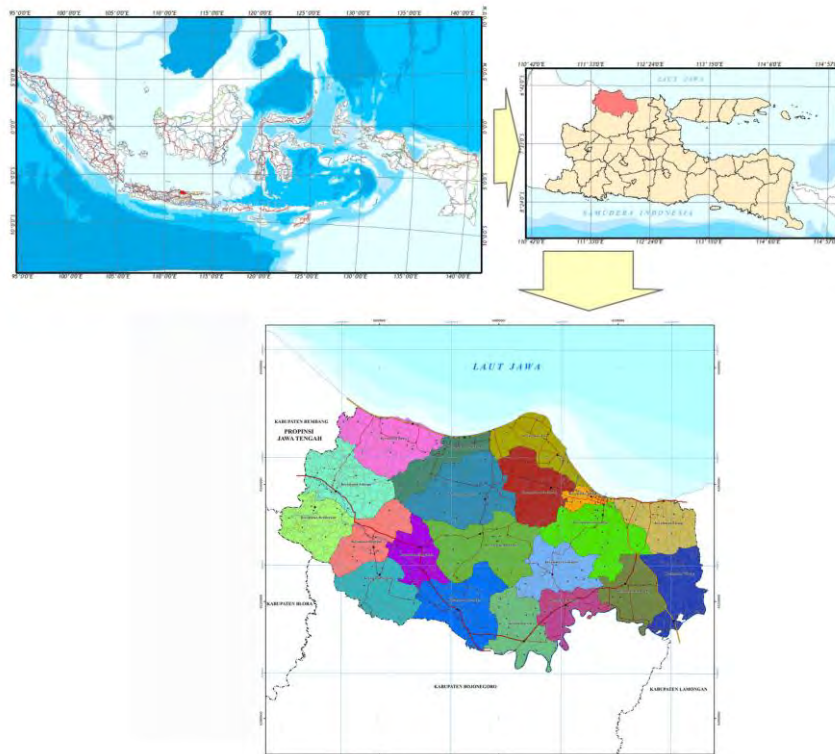
Pemilihan *stakeholder* dalam penelitian ini di kelompokkan dalam 3 jenis yaitu wakil kelembagaan kelompok budidaya, kelompok nelayan dan masyarakat pesisir yang berbatasan langsung dengan garis pantai. Teknik pemilihan *stakeholder* ini dilaksanakan secara sampel *purposive* atau sengaja dengan pertimbangan *stakeholder* yang mampu mempromosikan pengambilan keputusan yang akan diambil ke *stakeholder* yang lain dan mempunyai kepemilikan terhadap sumberdaya pesisir yang terkena dampak. Adapun jumlah *stakeholder* yang dipilih berjumlah 15 orang merupakan wakil kelembagaan dari kelompok budidaya ikan, nelayan dan pemuka masyarakat di wilayah pesisir yang peduli terhadap kawasan mangrove.

## BAB IV

### GAMBARAN PERMASALAHAN SUMBERDAYA PESISIR KABUPATEN TUBAN

#### 4.1 Kabupaten Tuban sebagai Kota Pesisir

Kabupaten Tuban adalah salah satu kota yang terletak di Propinsi Jawa Timur diantara 38 Kabupaten/Kota lainnya yang berada di wilayah paling Barat. Secara geografis Kabupaten Tuban terletak pada koordinat 111°30'-112°35'BT dan 6°40'-7°18'LS. Batas wilayah Kabupaten Tuban, di sebelah utara berbatasan dengan Laut Jawa. Sebelah timur dengan Kabupaten Lamongan. Sebelah selatan dengan Kabupaten Bojonegoro dan disebelah barat dengan Propinsi Jawa Tengah (RTRW Kabupaten Tuban, 2012). Oleh karena itu Kabupaten Tuban merupakan salah satu kota pesisir di kawasan Pantai Utara (Pantura) Jawa Timur memiliki 20 kecamatan, 311 desa, 17 kelurahan, dengan luas wilayah 183.994,291 ha . Adapun lokasi Kabupaten Tuban dapat dilihat pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Wilayah Kabupaten Tuban

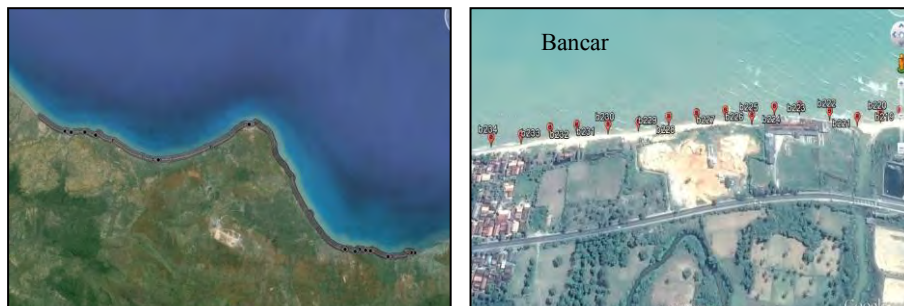
## 4.2 Kondisi Pantai

Klasifikasi pantai masih belum jelas dan belum ada penetapan secara khusus tetapi beberapa morfologi umum (Bird, 2000) dan morfologi tektonik (Woodroffe, 2002) sering digunakan. Namun klasifikasi pantai dirasakan tidak cukup hanya berdasar bentang rupa dan tutupan biotanya, namun perlu mempertimbangkan pula beberapa hal lain, seperti sumber daya yang mendukung disekelilingnya, gejala alam yang mengendalikan pembentukan (genesanya) serta perubahan yang mengiringinya khususnya dari pengaruh kegiatan manusia/antropogenik (Finkl, 2004).

Pengumpulan data primer untuk mengetahui klasifikasi pantai dengan cara tracking pantai pada tahun 2013 pada pantai kabupaten Tuban dengan panjang pantai 65 km dan panjang titik survey ke titik survey (pias) per 50 meter. Data primer yang diambil pada waktu tracking antara lain pengukuran kemiringan dan tinggi lereng pantai pantai, morfologi pantai, ekosistem pantai dan pantai dengan pengaruh kegiatan manusia. Adapun klasifikasi seperti yang dibahas pada BAB III yaitu

- i. Morfologi Pantai (Pendleton, *et al.*, 2005): (1. Pantai berbukit dan tebing batu terjal, 2. Pantai curam berbatuan, 3. Pantai dengan bukit atau paparan pasir, 4. Pantai landai atau datar, daerah estuarine, 5. Pantai lurus dan panjang dari pesisir datar, pantai berpasir, daerah mangrove dan *coral reef*)
- ii. Ekosistem tutupan biota (Hantoro, 2004): (a. Bakau, b. Terumbu karang, c. bakau diatas terumbu karang, d. Rumput laut, e. Estuarine dan daerah intertidal, f. Pantai Kering batu gamping, g. Lahan basah)
- iii. Pantai dengan pengaruh kegiatan manusia (Hantoro, 2004): ( i. Pemukiman tradisional, ii. Pemukiman baru, iii. Pelabuhan, iv Kota pesisir/kegiatan usaha penduduk /sawah, v. Pantai reklamasi, vi. Tambak, vii. Hunian wisata)

Adapun lokasi tracking setelah ditumpang-tindihkan di google earth seperti pada Gambar 4.2 menunjukkan bahwa titik koordinat hasil tracking pantai sesuai dengan posisi titik koordinat yang ada di google earth





Gambar 4.2 Overlay Hasil Tracking Garis Pantai ke Google earth untuk Menunjukkan Posisi Masing-Masing Pias

Data sekunder berupa data citra Landsat-8 OLI dan Landsat-7 TM+. Untuk mengetahui kondisi landform (geomorfologi) berdasarkan bentukan proses geologi (endogen).

Pantai di Kabupaten Tuban merupakan pantai yang sangat landai, kondisi ini dibuktikan pula dari hasil pengukuran langsung dilapangan terhadap kemiringan pantai yaitu memiliki sudut kemiringan 0.46 – 1.39 (sangat landai) % dengan ketinggian 1 – 11,1 meter dpl. Adapun hasil perhitungan ketinggian pantai seperti pada Tabel 4.1

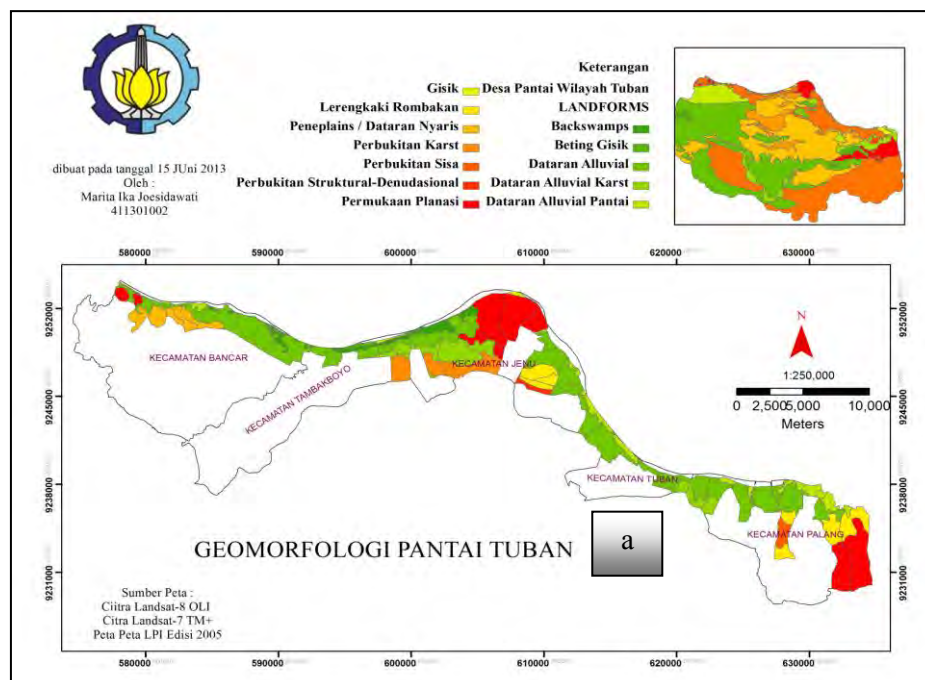
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Kemiringan Pantai Kabupaten Tuban

Kawasan Pantai	Rata-rata Sudut kemiringan (°)	Skor/ Kategori	Tinggi Lereng max (m)	Tinggi Lereng min (m)	Rata-rata Tinggi Lereng (m)	Keterangan
Bancar	1.06	2/Sangat landai	11.1	1.3	4.2	
Tambakboyoy	1.02	2/Sangat landai	8.3	1	3.6	
Jenu	1.03	2/Sangat landai	7.7	1	3.7	
Tuban	1.16	2/Sangat landai	8.3	2.2	4.8	100% reklamasi bangunan penahan ombak
Palang	1.04	2/Sangat landai	7.1	1.3	3.8	

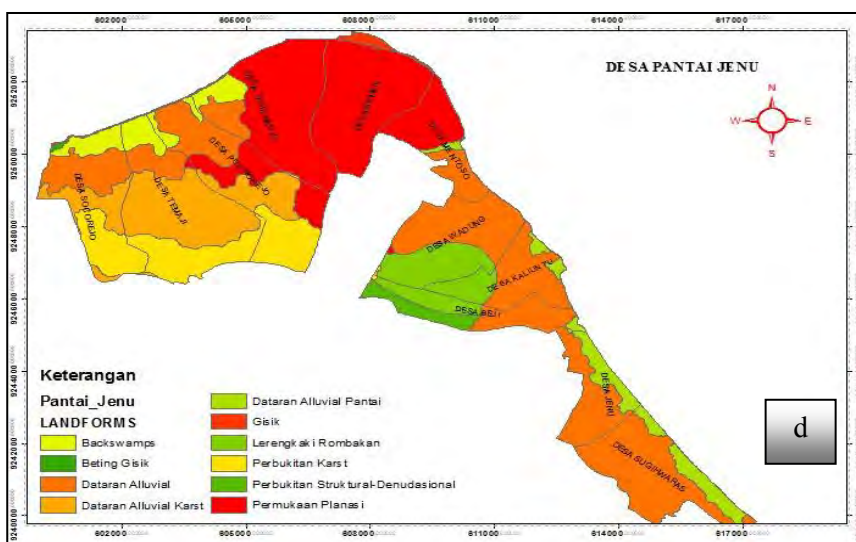
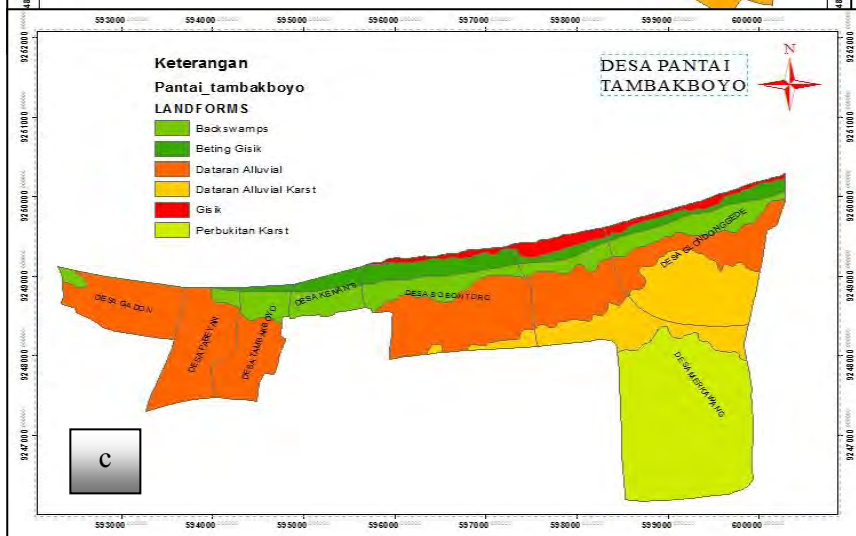
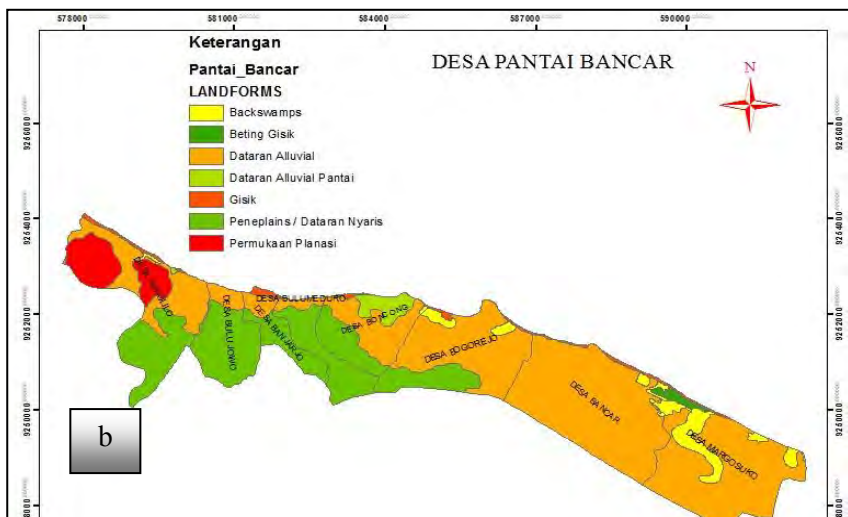
Sumber: Hasil Analisa Tracking Pantai, 2013

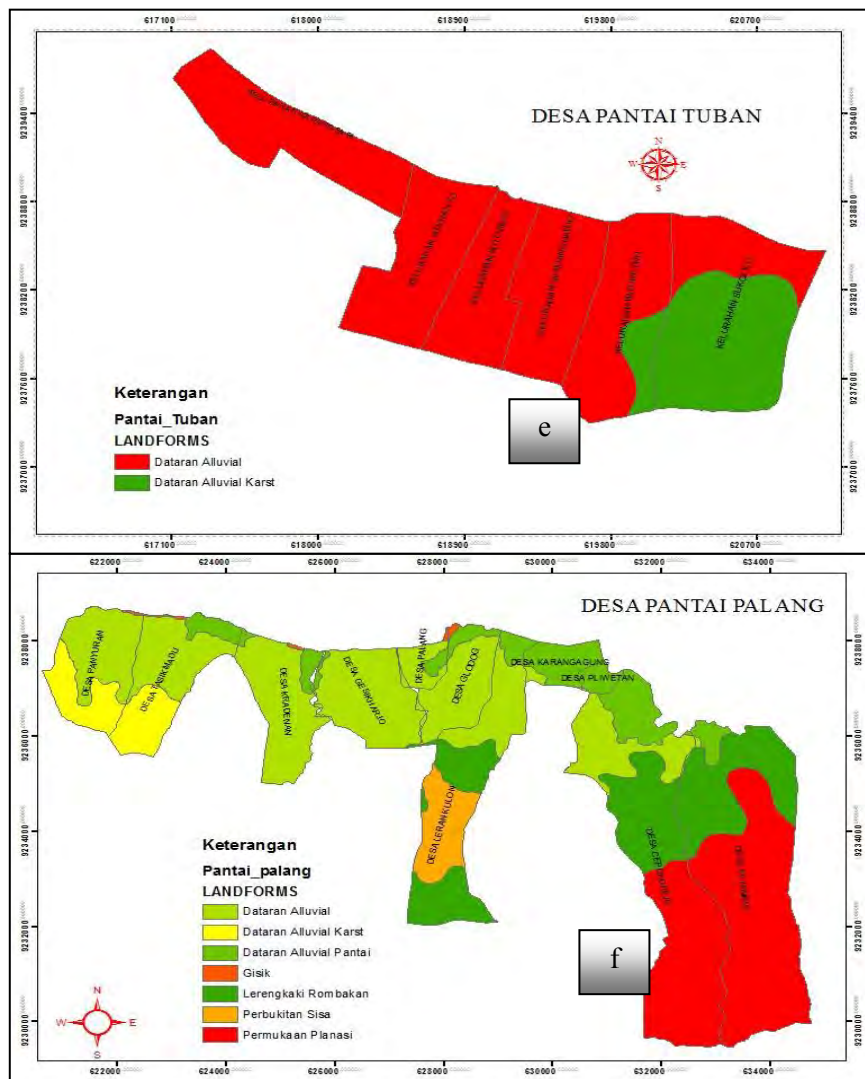
Kondisi Geomorfologi terkait dengan kondisi pembentuk lahan di wilayah pesisir Kabupaten Tuban. Berdasarkan hasil interpretasi landforms dari citra Landsat-8 OLI 2014 dan Landsat-7 TM+. Untuk batas daerah yang dipetakan: pada wilayah daratan: batas Kabupaten Tuban (Bakosurtanal, 2008) ditambah buffer 1 km. sedang garis pantai: batas diambil dari Citra Landsat-8 OLI dan buffer 1 km. Berdasarkan analisis visual bentuk dan satuan geomorfologi wilayah pesisir Tuban hanya terdapat 12 satuan geomorfologi pantai yaitu backswamps, beting gisik, gisik, dataran alluvial, dataran alluvial karst, dataran alluvial pantai, lerengkaki rombakan, peneplains, perbukitan karst, perbukitan sisa, perbukitan struktur denudasional, permukaan planasi.

Geomorfologi pantai bancar didominasi oleh dataran alluvial 60.61%, backswamps 4.55%, dataran alluvial pantai 1.82%, gisik 1.59%, dan benting gisik 0.59%, pantai bancar didominasi oleh dataran alluvial 38.57%, backswamps 12.77%, benting gisik 7.15%, dan Gisik 3.23%. Pantai Jenu didominasi oleh dataran alluvial 33.71%, permukaan planasi 27.00%, dataran alluvial pantai 4.23, dataran alluvial karst 12.34%, backswamps 3.98%, benting gisik 0.08%, dan gisik 0,78%. Pantai Tuban didominasi oleh dataran alluvial 78.47%, dataran alluvial karst 21.53%. Pantai Palang didominasi oleh dataran alluvial 36.12%, permukaan planasi 26.62%, dataran alluvial pantai 9.67%, dataran alluvial karst 5.57%, dan gisik 0.27% (Gambar 4.3)









Gambar 4.3 Peta Geomorfologi Pantai Tuban  
 (a) Seluruh Desa Pantai; (b) Kecamatan Bancar; (c) Kecamatan Tambakboyo; (d) Kecamatan Jenu; (e) Kecamatan Tuban; (f) Kecamatan Palang

*Sumber: Hasil Analisa citra Landsat-8 OLI 2014 dan Landsat-7 TM+*

Geomorfologi pantai di sepanjang pantai kabupaten Tuban didominasi oleh daratan alluvial 40.70%, sedangkan bentukan lahan yang berasal dari marin: backswamps 3.50%, dataran alluvial pantai 4.95%, gisik 0.70%, dan benting gisik 0.70%, menunjukkan pantai berpasir dan berlempung mendominasi pantai di Kabupaten Tuban

Hasil yang diperoleh dari analisa visual bentuk dan satuan geomorfologi dan dibandingkan dengan kondisi di lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.2

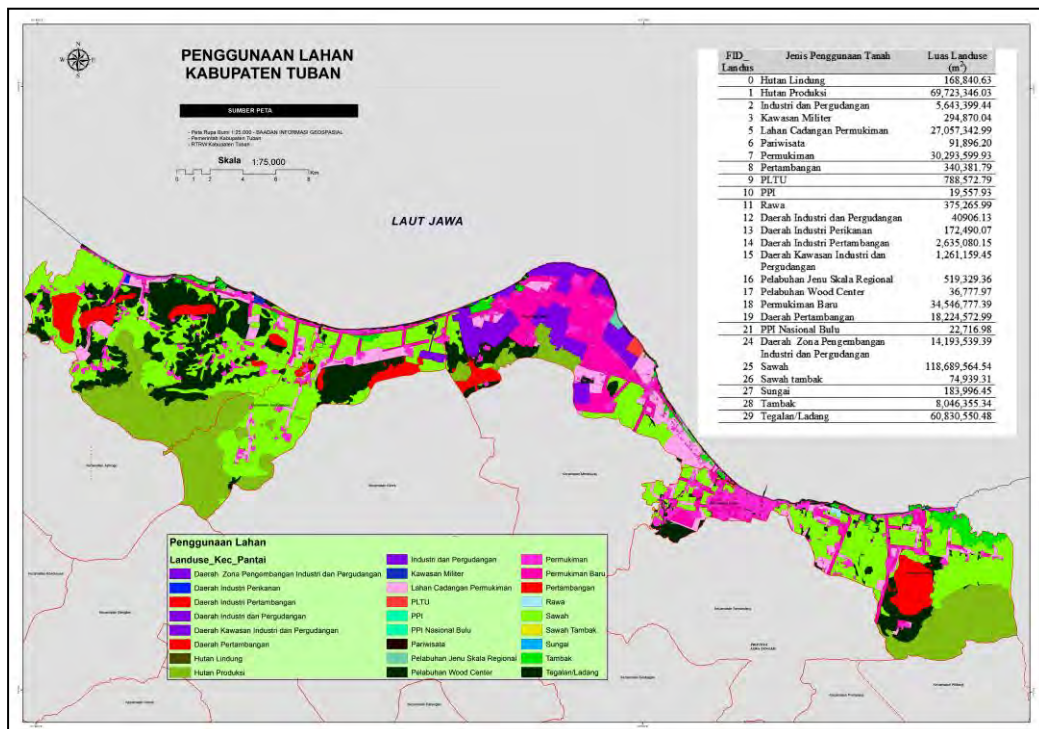
Tabel 4.2 Hasil Pengamatan Bentuk, Ekosistem

Kawasan Pantai	Morfologi Pantai Pendleton et al., (2005)	Ekosistem Tutupan Biota, Hantoro (2004)
Bancar	23% pantai curam berbatu, 37% pantai berbukit pasir, 15% pantai landai, 26% pantai lurus dengan pesisir datar. Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang	terumbu karang/berbatu karang 78% dan daerah intertidal 22%, Kondisi Terumbu Karang rusak
Tambakboyo	91% pantai berbukit pasir, 9% pantai landai, Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang	100% merupakan daerah intertidal
Jenu	8% pantai curam berbatu, 78% pantai berbukit pasir, 14% pantai landai, Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang	100% terumbu karang
Tuban	100% pantai landai, Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang	100% merupakan daerah intertidal
Palang	100% pantai landai, Sedangkan dasar pantai (substrat dasar) adalah pasir dengan pecahan karang	100% terumbu karang

Sumber: Hasil analisa Tracking Pantai, 2013

#### 4.3 Kondisi Penggunaan Lahan Wilayah Pesisir

Adapun penggolongan jenis penggunaan lahannya di wilayah pesisir di Kabupaten Tuban seperti pada Gambar 4.4 terbagi menjadi 30 jenis penggunaan



Gambar 4.4 Penggunaan Lahan Eksisting Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban

#### 4.4 Kondisi Sosial Ekonomi Masyarakat Pesisir

##### 4.4.1 Aktivitas Permukiman

Kawasan permukiman di wilayah pesisir Kabupaten Tuban dibedakan menjadi kawasan permukiman nelayan dan permukiman perkotaan. Kondisi Pantai Kabupaten Tuban dengan Pengaruh Kegiatan Manusia yang diperoleh pada waktu tracking pantai dapat dilihat pada Tabel 4.3

Tabel 4.3. Hasil Pengamatan Kondisi Pantai dengan Pengaruh Kegiatan Manusia

Kawasan Pantai	Kondisi Pantai dengan Pengaruh Kegiatan Manusia, Hantoro (2004)
Bancar	30% pemukiman tradisional, 3% pemukiman baru, 57% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk /sawah, 3 % Tambak, 7% Hunian wisata
Tambakboyoy	57% pemukiman tradisional, 3.2% Pelabuhan, 40% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk
Jenu	5% pemukiman baru, 12% pelabuhan, 44% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk /sawah, 1 % pantai reklamasi, 30% Tambak, 7% Hunian wisata
Tuban	43% pemukiman tradisional, 20% pemukiman baru, 4 % pelabuhan, 8% kota pesisir/kegiatan usaha penduduk, 25% Hunian wisata
Palang	19% pemukiman tradisional, 37% pemukiman baru, 13 % pelabuhan, 18 kota pesisir/kegiatan usaha penduduk, 8% pantai reklamasi, 4% Hunian wisata

*Sumber: Hasil analisa Tracking Pantai, 2013*

##### a. Permukiman Nelayan.

Adapun yang menjadi ciri dari kawasan permukiman ini yakni pada umumnya ditandai dengan keberadaan TPI dan PPI, berada di daerah-daerah muara sungai, dan dekat pemukiman tersebut terdapat tambatan perahu dan industri pengolahan ikan.

##### b. Permukiman Perkotaan.

Seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan jumlah penduduknya muncul pusat pusat permukiman baru di wilayah pesisir yang berkembang juga bersamaan dengan munculnya kawasan perdagangan dan industri. Dalam perkembangannya permukiman ini terkonsentrasi di ibukota kecamatan kecamatan pesisir. Pada kawasan pantai Palang memiliki rata-rata perkembangan jumlah rumah sebesar 5,39% pertahun. Kawasan Pantai Tuban rata-rata perkembangan jumlah rumah sebesar 5,36% pertahun. Rata-rata perkembangan jumlah rumah di kawasan Pantai Jenu sebesar 5,76% pertahun. Kawasan Pantai

Tambakboyoy memiliki rata-rata perkembangan sebesar 5,55% pertahun. Sedangkan Kawasan Pantai Bancar dan Tambakboyoy memiliki rata-rata perkembangan sebesar 5,52% pertahun. Dan tiap perumahan di lima kawasan pantai memiliki tingkat hunian yang sama yaitu sebesar 8 jiwa perumah.

#### **4.4.2 Aktivitas Perekonomian di Sektor Perikanan dan kelautan**

Aktivitas perekonomian di kawasan pesisir Kabupaten Tuban didominasi oleh sektor pertanian, perikanan. Sedang sektor lain yang mendukung seperti industri, perdagangan dan jasa, dan transportasi lingkungan laut. Seiring dengan perkembangan industri di kawasan pesisir, kegiatan-kegiatan perikanan yang merupakan basis kegiatan kepesisiran memiliki kecenderungan semakin berkurang seiring dengan perkembangan aktivitas perkotaan yang ada. Adapun berbagai aktivitas yang berkembang di wilayah pesisir Kabupaten Tuban dapat dirinci sebagai berikut ini:

Sektor perikanan di wilayah penelitian yang meliputi kawasan pantai kawasan pantai palang, Tuban, Jenu, Tambakboyoy dan Bancar terdiri dari perikanan tangkap, perikanan budidaya dan pengolahan hasil perikanan.

##### **1. Perikanan Tangkap**

Lokasi wilayah penelitian yang berada di kawasan pantai menjadi salah satu pendukung utama dalam produksi perikanan tangkap. Semua kawasan pantai Palang, Tuban, Jenu, Tambakboyoy dan Bancar penghasil ikan. Hasil produksi terbesar terdapat pada kawasan pantai Palang yaitu sebesar 5.017,05 ton pada tahun 2014 dengan perkembangan yang terus meningkat tiap tahunnya dengan rata-rata pertahun tahun sebesar 1.97%. Kawasan pantai kurang berpotensi adalah Tuban dikarenakan jumlah produksi ikan laut yang lebih sedikit dibandingkan kawasan pantai lain yaitu pada tahun 2014 sebesar 236.87 ton. Pada 14 tahun terakhir rata-rata perkembangan produksi hasil tangkapan untuk kawasan Pantai Kabupaten Tuban menurun sekitar 1.41%.

Untuk lebih jelasnya mengenai jumlah dan perkembangan produksi ikan dapat dilihat pada Lampiran 4.1 mengenai jumlah dan perkembangan produksi perikanan tangkap di wilayah penelitian pada tahun 2000-2014.

##### **2. Perikanan Budidaya**

Kawasan pantai Tuban merupakan satu-satunya kawasan yang tidak menghasilkan perikanan Budidaya. Produksi perikanan Budidaya terbesar

dihasilkan oleh kawasan pantai Palang yaitu sebesar 5017.05 ton pada tahun 2014 dengan rata-rata perkembangan pertahun 1.97%.

Kawasan pantai yang kurang berpotensi sebagai penghasil perikanan Budidaya adalah Tambakboyoy yang memiliki jumlah produksi relatif sedikit dibandingkan kawasan pantai lainnya. Sedangkan kawasan pantai Tuban tidak dipergunakan sebagai lokasi budidaya. Selama 14 tahun rata-rata perkembangan produksi hasil budidaya untuk kawasan Pantai Kabupaten Tuban meningkat sekitar 4.01%. Untuk lebih jelasnya mengenai jumlah dan perkembangan produksi perikanan Budidaya di wilayah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 4.2

Potensi lahan yang digunakan digunakan yaitu untuk budidaya seluas 745.43 ha pada tahun 2014 dengan tambak yang tidak operasional hanya 0.25 ha, jika dibandingkan pemanfaatan lahan budidaya tahun 2007-2011 dengan total tambak yang tidak operasional 36.30 - 69.90 ha. Tehnologi budidaya yang yaitu tradisional, intensif dan semi intensif.

### 3. Pengolahan Hasil Perikanan

Potensi usaha pengolahan hasil perikanan dan kelautan di kabupaten Tuban terdiri dari usaha pengeringan, pemindangan, pengasapan, peng-es-an, cold storage dan produksi TPI. Perkembangan Pengolahan Hasil Perikanan tidak lepas dari usaha penangkapan dan usaha budidaya

Berdasarkan kondisi perikanan di kawasan penelitian baik berupa perikanan tangkap, perikanan budidaya maupun pengolahan hasil perikanan dapat dilakukan perhitungan untuk mengetahui kawasan pantai mana yang berpotensi yaitu mampu memenuhi kebutuhan akan perikanan laut dan perikanan tambak sendiri dan mampu untuk melakukan ekspor. Untuk perikanan tangkap, daerah yang berpotensi adalah kawasan pantai Palang dan Bancar. Sedangkan, daerah yang berpotensi sebagai penghasil perikanan budidaya adalah kawasan pantai Palang, Jenu, dan Bancar. Usaha Pengaraman Rakyat di kawasan penelitian adalah di kawasan pantai Palang dan Tambakboyoy. Produksi garam ini dipasarkan sebagai bahan pengawet ikan dan juga sebagai bahan dasar pembuat garam masak dengan proses lebih lanjut.

#### 4. Sumberdaya Pesisir

Potensi Sumberdaya Pesisir Kabupaten Tuban yang lain sebagai sumber perekonomian antara lain: Hutan Bakau (*Mangrove*), Terumbu Karang (*Coral Reef*) dan Lamun (*Sea Grass*) dengan rincian sebagaimana pada Tabel 4.4, 4.5 dan 4.6

Tabel 4.4 Data Luas dan Lokasi Hutan Mangrove

No	Lokasi (Desa/Kecamatan)	Luas (Ha)	Keterangan
1	<b>Kecamatan Bancar</b>	<b>4,22</b>	
	Bancar	1,22	<i>Rhizophora Mucronata</i> , <i>Rhizophora Apiculata</i> , <i>Avicenia Marina</i> , <i>Soneratia spp</i> , <i>Ceriops spp</i> , <i>Bruguiera spp</i> dan Cemara laut.
	Boncong	1,00	
	Sukolilo	1,00	
	Margosuko	1,00	
2	<b>Kecamatan Tambakboyo</b>	<b>22,93</b>	
	Tambakboyo	5,00	<i>Rhizophora Mucronata</i> , <i>Rhizophora Apiculata</i> , <i>Avicenia Marina</i> , <i>Soneratia spp</i> , <i>Ceriops spp</i> , <i>Bruguiera spp</i> dan Cemara laut.
	Kinanti	5,00	
	Sobontoro	5,00	
	Glondonggede	3,00	
	Merkawang	1,00	
	Gadon	1,61	
	Kenanti	2,32	
3	<b>Kecamatan Jenu</b>	<b>71,80</b>	
	Temaji	10,00	<i>Rhizophora Mucronata</i> , <i>Rhizophora Apiculata</i> , <i>Avicenia Marina</i> , <i>Soneratia spp</i> , <i>Ceriops spp</i> , <i>Bruguiera spp</i> dan Cemara laut.
	Socorejo	10,00	
	Jenu	12,00	
	Sugihwaras	10,00	
	Kaliuntu	3,00	
	Wadung	6,00	
	Mentoso	4,00	
	Remen	5,00	
	Tasikharjo	10,00	
	Purworejo	1,80	
4	<b>Kecamatan Palang</b>	<b>21,04</b>	
	Desa : Karangagung, Ketambul, Wangun, Pliwetan, Cempokorejo (Sempadan Sungai dan pelindung pematang tambak)		<i>Rhizophora Mucronata</i> , <i>Rhizophora Apiculata</i> , <i>Avicenia Marina</i> , <i>Soneratia spp</i> , <i>Ceriops spp</i> , <i>Bruguiera spp</i> dan Cemara laut.
5	<b>Kecamatan Tuban</b>	-	
	Desa Sukolilo, Panyuran dan Perbon		Hanya terdapat sisa-sisa mangrove
	<b>Total :</b>	<b>119,98</b>	

Sumber : Dinas Pertanian Bidang Kehutanan Kabupaten Tuban, 2015

Sesuai Tabel 4.4 potensi kawasan Mangrove di Kabupaten Tuban pada tahun 2015 dengan luas  $\pm 119.98$  Ha yang tersebar di Kecamatan Palang, Jenu, Tambakboyo, dan Bancar

Berdasarkan Tabel 4.5 di wilayah perairan laut Kabupaten Tuban menunjukkan bahwa terumbu karang yang ada adalah seluas 157,75 Ha yang tersebar di Kecamatan Palang (16,00 Ha), Tuban (10,00 Ha), Jenu (80,00 Ha), Tambakboyoy (25,00 Ha) dan Bancar (26,75 Ha). Sedangkan kondisi dari terumbu karang tersebut sebagian sangat memprihatinkan.

Tabel 4.5 Luas Tutupan dan Kondisi Terumbu Karang per Desember 2015

No	Kawasan Pantai	Luas Tutupan(Ha)	Sangat Baik(%)	Baik(%)	Sedang(%)	Rusak(%)
1	Kec. Palang	16.00	-	20	20	60
2	Kec. Tuban	10.00	-	10	20	70
3	Kec. Jenu	80.00	-	10	20	70
4	Kec. Tambakboyoy	25.00	-	30	20	50
5	Kec. Bancar	26.75	-	30	20	50
	<b>Total</b>	<b>157.75</b>				

Sumber: *Draf Laporan Tahunan, 2016*

Berdasarkan Tabel 4.6 merupakan hasil pemetaan potensi laut dan pesisir Kabupaten Tuban menunjukkan bahwa peta sebaran lamun hanya terdapat di Kecamatan Jenu seluas 4,95 Ha dan Kecamatan Bancar seluas 3,90 Ha.

Tabel 4.6 Luas Padang Lamun per Desember 2015

No	Kawasan Pantai	Luas (Ha)
1	Kec. Jenu	4.95
2	Kec. Bancar	3.90
	<b>Total</b>	<b>8.85</b>

Sumber: *Draf Laporan Tahunan, 2016*

#### 4.5 Permasalahan Pesisir Kabupaten Tuban

Secara umum permasalahan yang terjadi di seluruh wilayah pesisir terdapat 2 isu permasalahan utama yakni permasalahan lokal dan permasalahan global. Seiring dengan perkembangan kabupaten Tuban sebagai kota pesisir kecenderungan aktivitas di wilayah daratan semakin meningkat dan menimbulkan permasalahan yang kompleksitas. Permasalahan tersebut terkait dengan kondisi sosial ekonomi maupun fisik lingkungan kota pesisir.

Dalam sejarahnya sebagai wilayah pesisir, kabupaten Tuban ada sejak tahun 1293 atau sejak pemerintahan Kerajaan Majapahit. Kota Tuban dulunya adalah Pelabuhan dan berfungsi portal utama sebagai pelabuhan antar Negara pada jaman Majapahit dengan nama pelabuhan kambang putih (Tuban sekarang).



Berdasarkan catatan penulis Cina sejak abad ke-11 sampai abad ke-15 Tuban disebut sebagai salah satu kota pelabuhan utama Utara Jawa yang kaya. Tapi sejak abad ke-15 dan 16 kapal-kapal dagang yang berukuran sedang saja terpaksa membuang sauh di laut yang cukup jauh dari garis pantai. Sesudah abad ke-16 itu memang pantai Tuban menjadi dangkal oleh endapan lumpur. Keadaan geografis seperti ini membuat kota Tuban dalam perjalanan sejarah selanjutnya sudah tidak menjadi kota pelabuhan yang penting lagi. Namun semenjak VOC menguasai nusantara, wilayah tuban kembali menjadi salah satu daerah penting di Jawa. Pelabuhan Tuban menjadi pelabuhan dagang Internasional seperti jaman kerajaan Hindu-budha. Hal ini didasarkan bahwa teluk Tuban di nilai aman dan baik untuk Transportasi laut karena kedalamannya yang ideal bagi perahu-perahu besar. Disebutkan bahwa kedalaman teluk adalah lima vadem (1 vadem=1,7 meter) sedangkan panjang pantai teluk Tuban adalah 14 paalen (1 paal=1506,9 meter). Sehingga teluk ini cukup luas dan dalam untuk menampung banyak perahu besar maupun kecil yang datang ataupun singgah di kota. Pada waktu perebutan Jawa oleh Jepang pada tanggal 27 Februari 1942, dan Tuban dijadikan tempat berlabuhnya tentara Jepang.

Sehingga secara umum awal mula fase pertumbuhan dan perkembangan kabupaten Tuban sebagai wilayah pesisir dimulai dengan berkembangnya Pelabuhan Kambang Putih dan dikembangkan ke arah daratan di sekitar pusat kota dengan dibangun jalan pada zaman Belanda yaitu jalan Deandles untuk mempercepat perdagangan dan transportasi. Selain itu dengan adanya perkembangan infrastruktur maka semakin bertambah pula masyarakat yang ada di pusat kota Tuban. Hal ini karena kecenderungan dari masyarakat untuk mendapatkan aksesibilitas yang mudah. Dengan adanya pertumbuhan masyarakat maka kabupaten Tuban membutuhkan ruang-ruang yang digunakan sebagai kawasan pemukiman. Dalam hal ini mulailah berkembang kawasan pemukiman yang ada di kawasan pesisir pantai kabupaten Tuban dengan akses jalan utama deandles. Sehingga pemukiman terpusat di kawasan pesisirnya ditambah lagi tumbuhnya daerah-daerah industri di sepanjang pesisir pantai, dan reklamasi untuk menambah ruang pemukiman mulai muncul berbagai permasalahan

lingkungan pesisir. Seiring dengan perkembangan aktivitas di kawasan pesisir maka terjadi beberapa dinamika permasalahan.

#### 4.5.1 Permasalahan Lokal di Pesisir Kabupaten Tuban

Isu permasalahan lokal yakni terdapat beberapa permasalahan yang sekiranya dapat mengancam keberlanjutan wilayah pesisir menyebabkan resiko kerusakan wilayah pesisir cukup besar. Dahuri (2001) menjelaskan permasalahan kota pesisir dalam lingkungan lokal antara lain kerusakan fisik lingkungan pesisir dan masalah social ekonomi masyarakat wilayah dan kota pesisir.

Adapun permasalahan teknis (kondisi fisik) kawasan pesisir di Kabupaten Tuban adalah seperti pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Permasalahan Kawasan Pantai Kabupaten Tuban

No.	Permasalahan	Lokasi
1.	Pemukiman yang terlalu dekat dengan pantai.	a. Kecamatan Tuban. b. Kecamatan Tambakboyo c. Kecamatan Bancar d. Kecamatan Palang
2.	Jalan utama yang langsung berbatasan dengan pantai sehingga limpasan air laut mengenai jalan akibatnya terdapat beberapa ruas jalan yang erosi.	a. Kecamatan Palang. b. Kecamatan Bancar c. Kecamatan Tuban
3.	Abrasi dan akrasi	a. Kecamatan Palang b. Kecamatan Tuban c. Kecamatan Jenu d. Kecamatan Tambakboyo e. Kecamatan Bancar
4.	Sedimentasi di muara sungai	a. Kecamatan Palang b. Kecamatan Tuban c. Kecamatan Jenu d. Kecamatan Tambakboyo e. Kecamatan Bancar
5.	Pencemaran lingkungan akibat sampah/limbah rumah tangga dan industri	a. Kecamatan Palang b. Kecamatan Tuban c. Kecamatan Jenu d. Kecamatan Tambakboyo e. Kecamatan Bancar
6.	Perlu dan belum adanya Mangrove	a. Kecamatan Palang b. Kecamatan Tuban c. Kecamatan Jenu d. Kecamatan Tambakboyo e. Kecamatan Bancar
7.	Reklamasi Pantai (*)	a. Kecamatan Palang (3.250 m <sup>2</sup> ) b. Kecamatan Jenu (434 m <sup>2</sup> ) c. Kecamatan Bancar (1.900 m <sup>2</sup> )
8.	Banjir atau Rob	a. Kecamatan Jenu b. Kecamatan Tambakboyo

Sumber : Hasil Analisa, 2013

Keterangan : (\*) Berdasarkan buku *Potensi Wilayah Laut, Pesisir dan Pantai Kabupaten Tuban*, Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Tuban.

Untuk mengetahui kondisi kerusakan fisik pantai di kabupaten Tuban dilakukan tracking pantai sepanjang pantai yang dilakukan pada tahun 2013 dan 2015. Permasalahan yang ditemukan pada waktu melakukan tracking pantai (Gambar 4.5 – 4.20) antara lain:

1. Banyaknya rumah-rumah penduduk (pemukiman) berdekatan dengan laut



Gambar 4.5 Foto-foto Pemukiman Penduduk Dekat dengan Laut

2. Jalan raya utama berbatasan langsung dengan pantai



Gambar 4.6 Foto- foto Jalan Raya Deandles dekat dengan laut

3. Banyaknya Usaha/Industri masyarakat terletak atau berdekatan dengan pantai



Gambar 4.7 Foto-foto Usaha pengeringan dan tambak yang berbatasan dengan laut

4. Adanya erosi terhadap infrastruktur dan pengikisan pada struktur pelindung pantai



Gambar 4.8 Foto-foto Erosi Infrastruktur



4, Adanya erosi terhadap pantai-pantai bertebing/berbatu



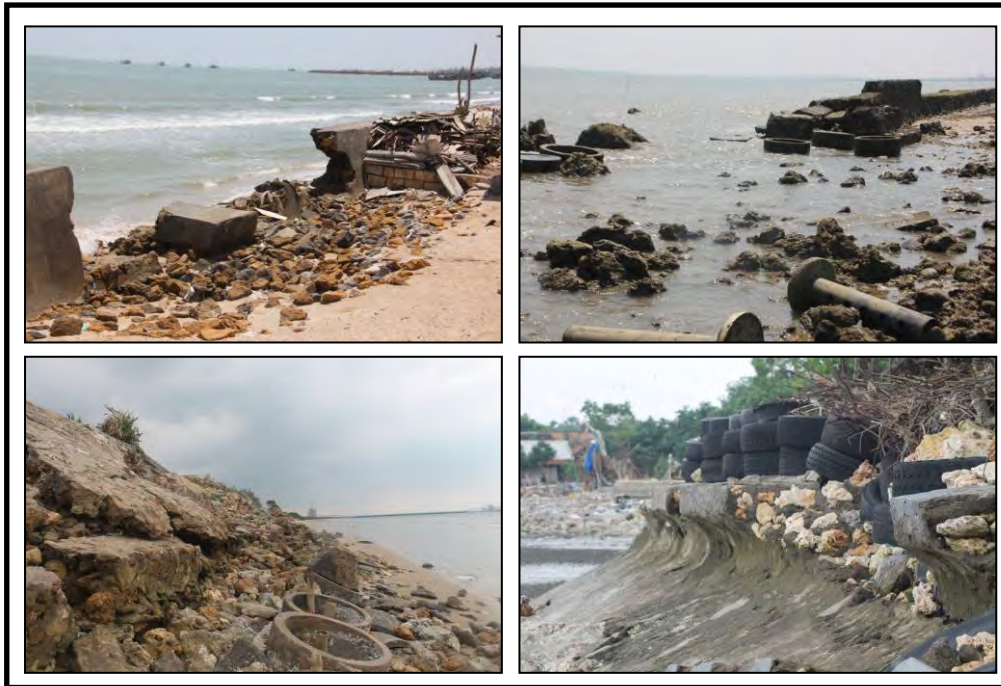
Gambar 4.9 Foto-foto Erosi Pantai

5. Tebing pantai sering terjadi longsor



Gambar 4.10 Foto-foto Tebing Pantai yang Longsor

6. Struktur pelindung pantai yang telah rusak dan dibiarkan begitu saja.



Gambar 4.11 Foto-foto Kerusakan Pelindung Pantai

7. Belum ada perlindungan terhadap air laut untuk beberapa wilayah (menggunakan perlindungan seadanya)



Gambar 4.12 Foto-foto Pelindung Pantai Penahan Air Pasang Buatan Masyarakat dalam usahanya melindungi Rumah, Tambak dan Mangrove



8. Adanya Rob pada waktu pasang yang menggenangi rumah warga



Gambar 4.13 Foto-foto Banjir Rob pada saat Air Pasang  
*Sumber : Hasil Tracking Pantai, 2013 dan 2015*

9. Sedimentasi di muara Sungai dan di beberapa tempat yang di reklamasi



Gambar 4.14 Sedimentasi Muara Sungai

10. konsep water front city yang tidak diterapkan sehingga pantai menjadi kotor dan sampah berserakan



Gambar 4.15 Foto-foto Sampah di Sepanjang Pantai

11. Adanya penambangan pasir ilegal



Gambar 4.16 Foto-foto Penambangan pasir di laut maupun di pantai



12. Rusaknya atau berkurangnya ekosistem mangrove



Gambar 4.17 Foto-foto Ekosistem Mangrove yang digunakan untuk Tambak atau berubah fungsi penggunaannya

13. Rusaknya terumbu karang



Gambar 4.18 Foto-foto Pantai Berkarang yang rusak

#### 14. Pemanfaatan pantai belum optimal



Gambar 4.19 Foto-foto Pemanfaatan Pantai belum optimal

#### 15. Banyaknya reklamasi pantai, baik liar maupun program pemerintah



Gambar 4.20 Foto-foto Reklamasi di Kawasan Pantai Tuban

Permasalahan yang bersifat non teknis atau permasalahan sosial ekonomi di pesisir Kabupaten Tuban, yaitu :

1. Belum adanya perangkat hukum yang membatasi penambahan lahan atau reklamasi oleh penduduk yang tinggal berbatasan dengan laut sehingga banyak bangunan yang bermasalah, yaitu akibat pembangunan dan reklamasi pantai yang menyebabkan perubahan pola arus dan menyebabkan erosi pada daerah lain.

2. Belum adanya perangkat hukum yang memadai dalam rangka pengelolaan pantai, antara lain masalah sempadan pantai, pemanfaatan tanah sempadan, reklamasi pantai, penambangan pasir, penebangan Mangrove, perusakan terumbu karang dan sebagainya.
3. Pemahaman hukum oleh masyarakat masih kurang, antara lain pembuangan sampah di pantai, pembuangan limbah ke laut, ijin usaha di pantai/laut dan sebagainya.
4. Sumber daya pesisir dan alur yang ada belum termanfaatkan/tergarap secara optimal dan berkelanjutan sesuai dengan kaidah kelestarian lingkungan.
5. Banyak tambak intensif yang terlantar.
6. Sebagian besar masyarakat pesisir di Kabupaten Tuban tingkat pendidikan hanya SD dan Kemampuan ketrampilan yang sangat terbatas. Sebagian besar nelayan Tuban masih mengikuti pola penangkapan *One day Fishing*.
7. Masih belum adanya persamaan persepsi pada instansi terkait tentang pengelolaan daerah yang terpadu dan berkesinambungan

#### **4.5.2 Kondisi Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban Akibat Perubahan Iklim**

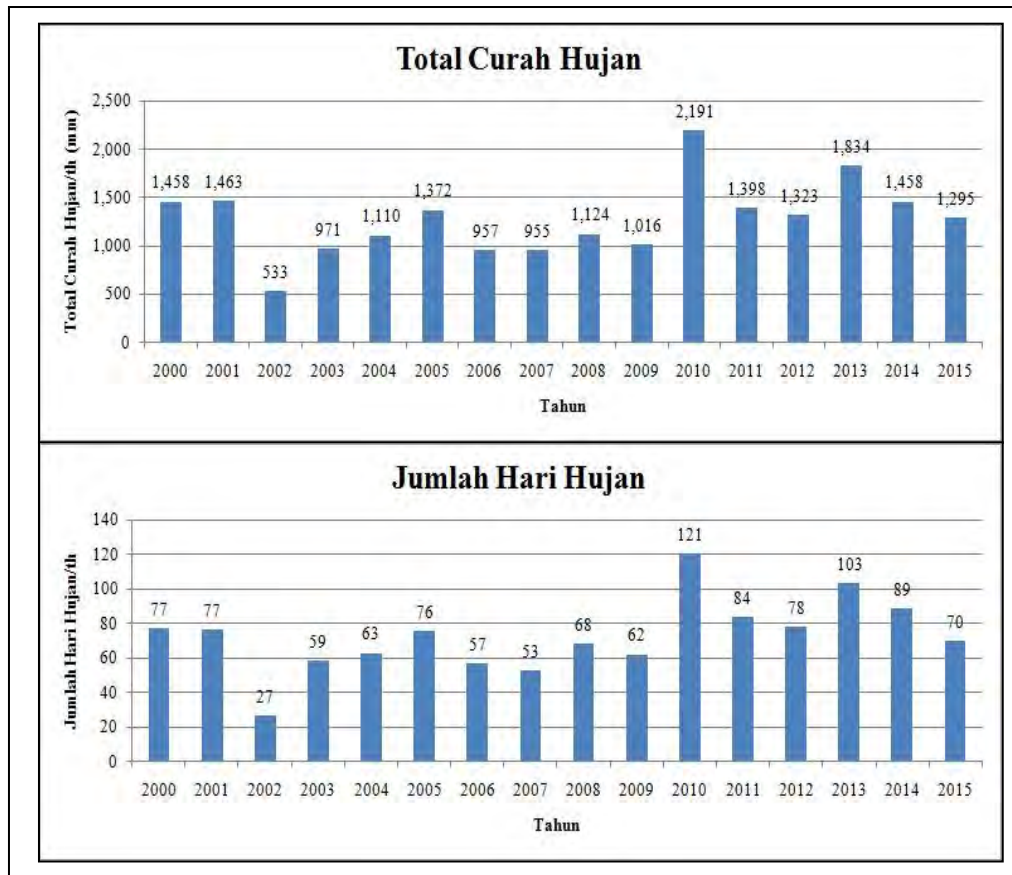
Permasalahan kota pesisir dalam lingkup global adalah akibat perubahan iklim sangat berpengaruh terhadap permasalahan lokal. UNDP (2007) menjelaskan dampak perubahan iklim global dapat memperparah berbagai risiko dan kerentanan yang sudah ada di permasalahan lokal yang mengancam keberlanjutan wilayah pesisir serta menambah beban kemampuan mereka untuk menghadapi permasalahan lokal

##### **4.5.2.1 Pola Curah Hujan**

Kabupaten Tuban terdiri dari dua musim, yakni musim hujan dan musim kemarau (beriklim tropis) dengan suhu rata-rata 20<sup>0</sup>C – 33<sup>0</sup>C dengan tipe iklim yang dimiliki C dan D, dimana bulan basahnya dimulai pada Oktober hingga Mei, sedangkan bulan keringnya dari bulan Juli hingga September. Kawasan yang beriklim kering 94,73% dengan kondisi bervariasi dari agak kering sampai dengan sangat kering meliputi 19 Kecamatan. Sedangkan sisanya kurang lebih 5,27% merupakan kawasan yang cukup basah.



Data curah hujan di kabupaten Tuban yang diperoleh dari 27 stasiun penangkaran hujan pada tahun 2000 – 2014 (Gambar 4.21) menunjukkan bahwa rata-rata curah hujan pertahun sebesar 1,342 mm dengan total curah hujan tertinggi terjadi pada tahun 2010 dengan total curah hujan 2,191 mm dan jumlah hari hujan sebanyak 121 hari dan curah hujan terendah terjadi pada tahun 2002 dengan total curah hujan 533 mm dan jumlah hari hujan sebanyak 27 hari.

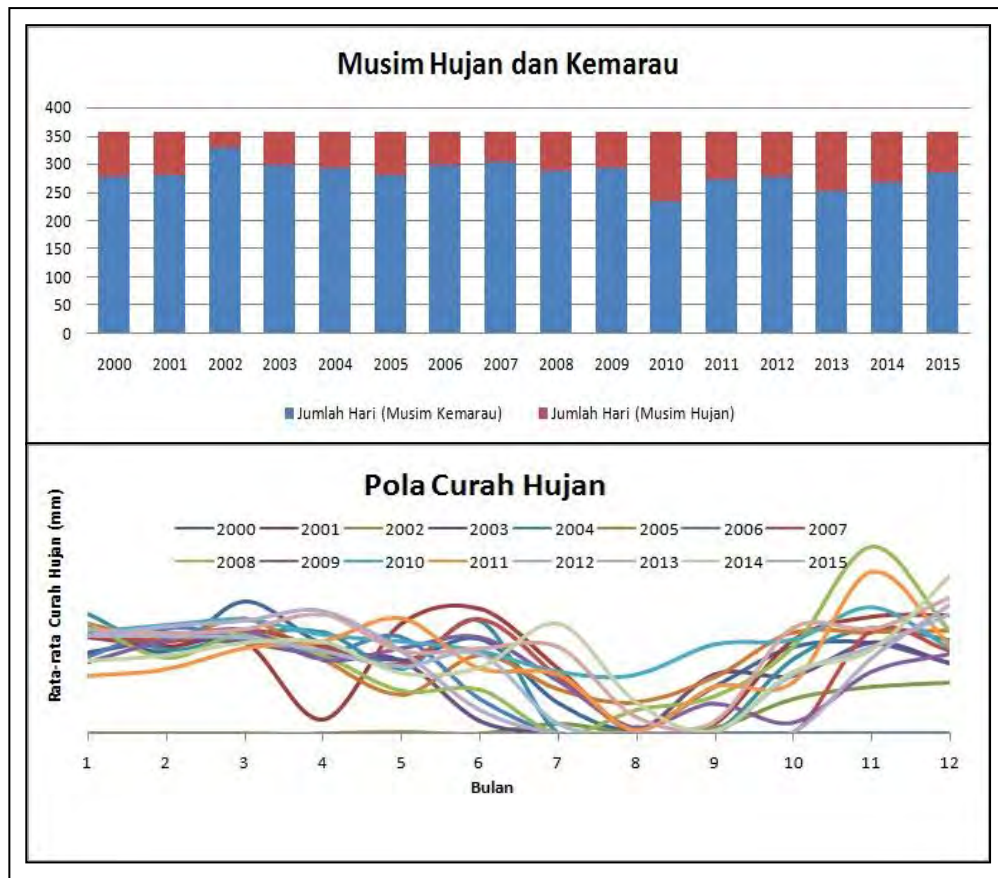


Gambar 4.21 Total Curah Hujan dan Jumlah Hari Hujan Kabupaten Tuban (2000-2015)

*Sumber : Hasil Olah Data, 2015*

Gambar 4.22 menunjukkan bahwa musim kemarau di Kabupaten Tuban lebih panjang dibandingkan musim hujannya tetapi dengan curah yang lebih tinggi. Sedang pola hujan yang tidak menentu, ini membuktikan iklim yang berubah-ubah dan besarnya curah hujan juga berubah-ubah. UNDP (2007) menjelaskan dengan seringnya curah hujan yang tidak menentu, suhu udara bisa lebih tinggi dapat mengeringkan tanah, mengurangi sumber air tanah,

mendegradasi lahan, dan dalam beberapa kasus dapat mengakibatkan penggurunan.

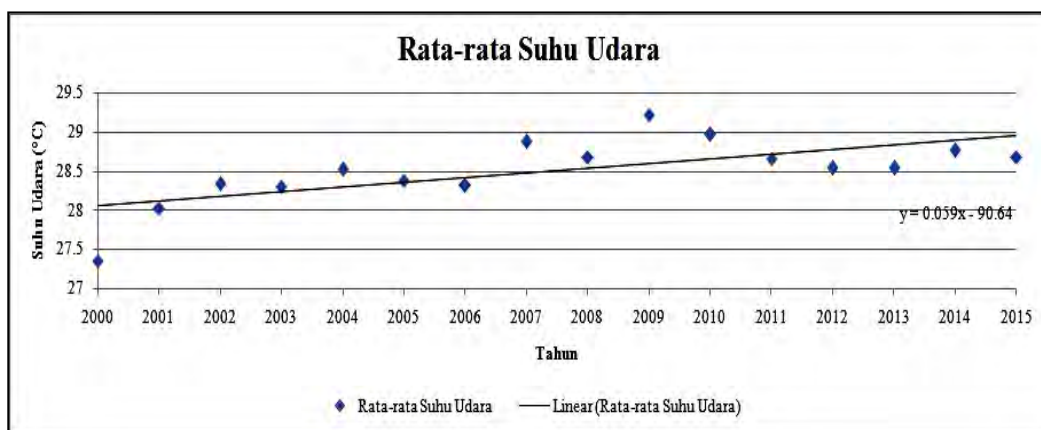


Gambar 4.22 Perbandingan Musim Hujan dan Kemarau dan Pola Curah Hujan Kabupaten Tuban (2000- 2015)

*Sumber : Hasil Olah Data, 2015*

#### 4.5.2.2 Tren Suhu Udara

Data suhu udara diperoleh dari BMKG Surabaya dan BLH Kabupaten Tuban menunjukkan bahwa kenaikan suhu udara selama tahun 2000-2015 sebesar 0.131 °C dari suhu rata-rata tahunan (Gambar 4.23). Hal ini menunjukkan bahwa suhu udara di wilayah pesisir kabupaten Tuban juga mengalami peningkatan sebagai dampak dari perubahan iklim. IPCC (2007) menjelaskan suhu permukaan Bumi pada akhir abad 21 akan naik dari 1,1°C menjadi 6,4°C, jika suhu udara naik 1 °C laut yang mulai kehilangan lapisan es di atasnya akan menyerap panas lebih banyak dan mempercepat pemanasan global; air tawar lenyap dari sepertiga permukaan Bumi; daerah dataran rendah di pesisir pantai akan diterjang banjir.



Gambar 4.23 Tren Rata-Rata Suhu Udara Kabupaten Tuban (Tahun 2000-2015)  
Sumber : Hasil Olah Data, 2015

#### 4.5.2.3 Tren Suhu Air Laut

Pada ekosistem laut kenaikan suhu air laut hingga 1°C akan meningkatkan pemutihan karang. Kenaikan suhu dari 1-2°C akan menyebabkan sebagian besar karang mengalami pemutihan. Kenaikan suhu di atas 2°C akan menyebabkan matinya terumbu karang secara besar-besaran. Hilangnya beting es di beberapa tempat pada kenaikan suhu hingga 1°C sudah terlihat. Kenaikan suhu di atas 2°C akan menyebabkan sebagian wilayah es Antartika Barat mencair dan air laut akan naik setinggi 1,5-5 meter selama berabad-abad hingga ribuan tahun.

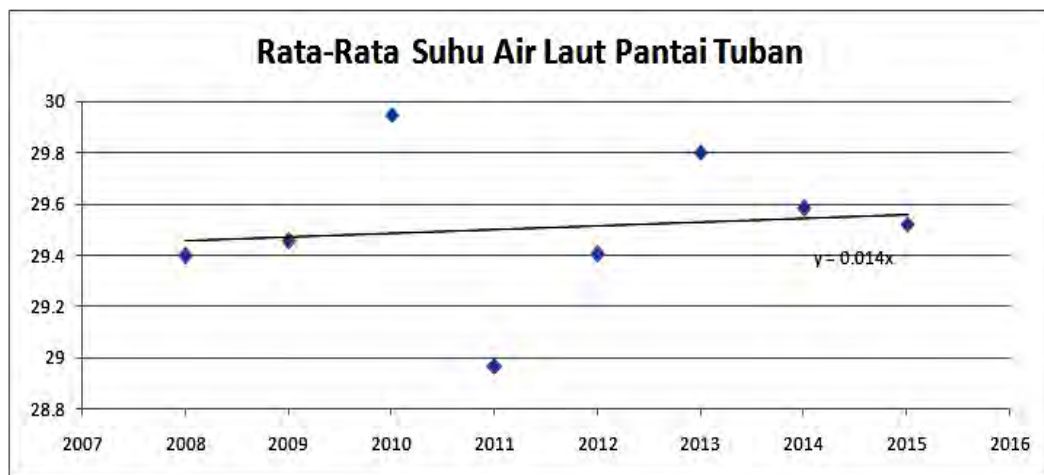
Suhu Air laut untuk kawasan pesisir Kabupaten Tuban, dilakukan pengukuran langsung di pantai Boom Tuban tahun 2008-2015 seperti disajikan pada Tabel 4.8

Tabel 4.8 Rata-rata Suhu Air laut Pantai Tuban ( dalam °C)

Tahun	Kedalaman (m) dan Jam Pengamatan (WIB)								
	1 meter			3 meter			5 meter		
	07.00	10.00	13.00	07.00	10.00	13.00	07.00	10.00	13.00
2008	29.10	29.50	29.74	29.05	29.44	29.66	29.04	29.41	29.62
2009	28.99	29.63	29.90	28.95	29.55	29.82	28.94	29.52	29.80
2010	29.54	30.13	30.31	29.49	30.06	30.24	29.48	30.05	30.21
2011	28.51	29.10	29.33	28.50	29.08	29.31	28.50	29.08	29.30
2012	29.21	29.43	29.57	29.21	29.43	29.57	29.21	29.43	29.57
2013	29.58	29.83	30.02	29.58	29.82	30.01	29.58	29.82	30.00
2014	29.44	29.62	29.76	29.45	29.61	29.59	29.43	29.60	29.75
2015	29.40	29.52	29.64	29.39	29.53	29.64	29.41	29.53	29.64
Rata-rata	29.22	29.59	29.78	29.20	29.57	29.73	29.20	29.55	29.74

Sumber : Hasil Pengukuran Lapangan 2008-2015

Pengukuran suhu air laut dilakukan setiap hari selama tahun 2008 sampai 2015 dengan 3 kedalaman dan 3 waktu pengamatan yang berbeda, hasil menunjukkan bahwa semakin besar intensitas matahari yang diterima air laut semakin terjadi peningkatan suhu air laut tersebut sedangkan kedalaman tidak berpengaruh. Sedangkan rata-rata setiap tahunnya seperti ditampilkan pada Gambar 4.24 menunjukkan adanya peningkatan suhu air laut sebesar  $0.0895^{\circ}\text{C}$  dari suhu air laut rata-rata tahunan.



Gambar 4.24 Rata-rata Per Tahun Suhu Air Laut di Pantai Tuban  
*Sumber : Hasil Olah Data, 2015*

#### 4.5.2.4 Banjir dan Rob

Banjir dan rob di Kabupaten Tuban juga merupakan permasalahan yang cukup berpengaruh pada masyarakat pesisir, karena sering kali mengganggu aktivitas masyarakat pesisir itu sendiri. Beberapa adaptasi yang dilakukan penduduk untuk menanggulangi adanya rob, antara lain pemasangan “*branjang*” (patok bambu), batuan di bibir pantai, atau kantong-kantong pasir. (Gambar 4.25). Pemda Tuban juga sudah membuat tembok tangkis, tapi beberapa wilayah tembok tangkis ini belum bisa menanggulangi pada saat terjadinya rob atau pada saat pasang (Gambar 4.26). Berdasarkan hasil survey lapangan, sebagian besar pantai di kawasan pesisir rawan terkena rob terutama pada waktu terjadi pasang besar (bulan mati atau purnama pada bulan Oktober- Desember)





Gambar 4.25 Usaha Masyarakat Pesisir untuk Menanggulangi Rob dan Pasang Tinggi



Gambar 4.26 Tembok Tangkis yang dibangun Pemda tetapi masih belum bisa menghindari masalah Rob dan Pasang Tinggi

#### 4.5.2.5 Adanya Perubahan Garis Pantai

Untuk memperoleh bahwa juga terjadi perubahan garis pantai untuk wilayah pesisir Kabupaten Tuban, maka diperlukan informasi garis pantai, dikarenakan kurangnya informasi baik berupa catatan adanya perubahan garis pantai atau data oseanografi, maka untuk pembuktian adanya perubahan garis pantai yang terjadi, akan dilakukan pengolahan dari data citra multi temporal dari sumber yang sama yaitu Citra Landsat (Bab V).



## **BAB V**

### **KENAIKAN MUKA AIR LAUT AKIBAT PERUBAHAN IKLIM**

Prediksi kenaikan muka air laut (*sea level rise*/SLR) akibat perubahan iklim pada Bab ini diperoleh dari data pasang surut Kabupaten Tuban (2010-2015) dan data pasang surut Kota Semarang tahun 1998 – 2015 yang divalidasi dengan kenaikan muka air laut global yang dihasilkan oleh Software MAGICC/SCENGEN 5.3, dengan menggunakan skenario dan model iklim yang sesuai dengan wilayah lokal

Pada penggunaan model MAGICC/SCENGEN, dipilih dahulu skenario iklim (skenario kebijakan dan skenario referensi) yang sesuai dengan kondisi daerah studi. Skenario iklim digunakan untuk menggambarkan dampak yang akan terjadi jika asumsi tertentu digunakan. Untuk memperoleh hasil yang tepat dan sesuai dengan kondisi daerah studi tersebut, maka dilakukan analisa dari data-data statistik seperti pertumbuhan ekonomi, penanganan lingkungan, perhitungan emisi CO<sub>2</sub>, prediksi suhu dan lain sebagainya. Analisa yang dilakukan ini menjadi dasar atau alasan pemilihan skenario iklim. Vuuren *et al.* (2011) memilih skenario iklim yang mencirikan kelas berbeda berdasarkan pertimbangan dapat tidaknya skenario tersebut melakukan mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim, misalnya, skenario yang dapat meningkatkan pendapatan masyarakat sehingga dapat mencegah resiko penyakit terkait iklim seperti malaria. Patt *et al.* (2010) menentukan skenario iklim yang dapat menggambarkan proses adaptasi keadaan setempat hal ini dikarenakan mitigasi dan adaptasi adalah proses yang berlangsung di skala spasial yang berbeda

#### **5.1 Penentuan Skenario Iklim (Skenario Kebijakan dan Skenario Referensi)**

Analisis skenario merupakan salah satu alat yang sangat penting dalam penilaian perubahan iklim dan kebijakan perubahan iklim, yang dapat menganalisa dan mengeksplorasi interaksi masa depan yang kompleks dan ketidakpastian pada pembangunan ekonomi, gas rumah kaca (GRK) emisi, iklim dan ekosistem. Bersama-sama faktor-faktor ini skenario dapat menentukan akan kebutuhan dan kemungkinan kebijakan terhadap mitigasi dan adaptasi. Skenario juga dapat bertindak sebagai sarana untuk menyelaraskan asumsi di masyarakat penelitian yang sangat berbeda yang terlibat dalam Skenario

juga dapat bertindak sebagai sarana untuk menyelaraskan asumsi yang berbeda-beda dari peneliti yang terlibat pada penelitian perubahan iklim. Dengan menggunakan skenario ini diharapkan dapat membandingkan hasil yang diperoleh untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Skenario iklim SRES (Nakicenovic *et al.*, 2000) telah digunakan secara luas pada studi mitigasi dan adaptasi (Metz *et al.*, 2007; Parry *et al.*, 2007).

Untuk lebih jelasnya penekanan yang dilakukan pada masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel 5.1

Tabel 5.1 Penekanan Skenario Emisi

AR4	Lebih fokus pada sektor ekonomi	Lebih fokus pada sektor lingkungan
Globalisasi (dunia yang homogen)	A1	B1
	Pertumbuhan ekonomi yang cepat, kenaikan Temperatur tahun 2100 antara 1,4-6,4°C	Penanganan Lingkungan Global yang berkelanjutan. Kenaikan temperatur tahun 2100 antara 1,1-2,9°C
Regionalisasi (dunia yang heterogen)	A2	B2
	Pembangunan ekonomi yang berorientasi regional. Kenaikan temperatur tahun 2100 antara 2,0-5,4°C	Penanganan Lingkungan lokal yang berkelanjutan. Kenaikan temperatur tahun 2100 antara 1,4-3,8°C

Sumber : IPCC (2007<sup>b</sup>)

### 5.1.1 Penentuan Skenario Emisi

Untuk menentukan skenario emisi mana yang sesuai dengan Kabupaten Tuban maka dilakukan analisa pertumbuhan ekonomi, analisa penanganan lingkungan lokal dan prediksi suhu di Kabupaten Tuban.

#### 5.1.1.1 Analisa Pertumbuhan Ekonomi Kabupaten Tuban

Jumlah tenaga kerja asing yang bekerja di Kabupaten Tuban pada tahun 2014 di kelompok tenaga profesional teknis sebanyak 226 orang. Hal ini mengalami kenaikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Jumlah pencari kerja di Kabupaten Tuban pada tahun 2014 adalah 8.720. Jumlah pencari kerja yang paling banyak adalah lulusan Sarjana (S1), yaitu 3.899 Sedangkan penempatan pencari kerja sebanyak 3.866 orang. Dengan rincian 2.005 laki-laki dan 1.861 perempuan.

Hasil penghitungan Produk Domestik Regional Bruto Tahun 2014 angka PDRB, sebagai indikator makro ekonomi, memberikan gambaran kondisi perekonomian di wilayah Kabupaten Tuban. PDRB menurut lapangan usaha dikelompokkan dalam 9 sektor ekonomi sesuai dengan International Standard Industrial *Classification of All Economic Activities (ISIC)*. Sehingga Tabel 5.2 secara umum pembangunan ekonomi di wilayah kabupaten Tuban menurut lapangan usaha didominasi oleh 3 (tiga) kategori lapangan usaha yaitu lapangan usaha kategori Industri Pengolahan dengan nilai PDRB sebesar 12.490.707,20 juta rupiah, lapangan usaha kategori Pertanian, Kehutanan dan Perikanan dengan nilai PDRB sebesar 9.217.795,79 juta rupiah dan lapangan usaha kategori Konstruksi sebesar 6.126.893,08 juta rupiah.

Tabel 5.2 PDRB Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Lapangan Usaha Tahun 2010– 2015 ( dalam Juta Rupiah)

Sektor Eko nomi	Lapangan Usaha	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	Pertanian. Kehutanan dan perikanan	5.346.400,11	6.046.524,50	7.136.644,53	8.071.720,08	9.091.253,99	10.283.599,83
2	Pertambangan dan penggalian	2.449.233,89	2.928.687,90	3.084.028,68	3.258.277,68	4.152.632,87	4.455.288,64
3	Industri Pengolahan	8.555.074,58	9.370.403,07	10.268.332,82	11.366.256,18	12.490.707,20	13.650.992,84
4	Pengadaan Listrik.Gas dan Air Bersih	51.544,69	56.201,99	59.943,12	62.904,22	66.294,00	72.757,40
5	Kontruksi	3.910.362,96	4.408.955,29	5.002.727,12	5.499.203,01	6.126.893,08	6.492.134,20
6	Perdagangan. Hotel dan Restoran	3.717.914,68	4.193.970,27	4.613.994,33	5.273.896,82	5.853.144,68	6.407.309,17
7	Pengangkutan dan Komunikasi	1.497.032,05	1.673.770,21	1.872.355,29	1.954.248,98	2.145.337,11	2.378.933,76
8	Kuangan. Real estate dan Jasa perusahaan	863.074,20	995.236,42	1.151.040,56	1.349.605,43	1.535.009,72	1.767.507,07
9	Jasa-jasa	1.627.304,67	1.786.622,50	1.991.158,28	2.172.302,98	2.392.498,28	2.695.003,38
PDRB tanpa Migas		27.632.728,46	30.637.535,13	34.489.684,58	38.260.791,53	43.086.733,46	47.795.621,65
PDRB MIGAS		28.017.941,83	31.460.372,15	35.180.224,73	39.008.415,38	43.853.770,93	48.203.526,29

Sumber : BPS (2015)

Pada tahun 2014 kondisi tingkat pertumbuhan ekonomi Kabupaten Tuban meningkat dibanding tahun sebelumnya seperti terlihat pada Tabel 5.3. dimana pada tahun 2014 menunjukkan laju pertumbuhan tertinggi yaitu 12,13%. sedang terendah pada tahun 2013 yaitu 11,36%. Laju inflasi pada tahun setelah tahun 2013 mengalami penurunan

Tabel 5.3 Agregat Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Tuban Tahun 2011– 2015

Uraian	Satuan	Tahun 2011	Tahun 2012	Tahun 2013	Tahun 2014	Tahun 2015
Laju Pertumbuhan Ekonomi	Persen	12,29%	11,82%	10,88%	12,42%	9,92%
Laju Inflasi	Persen	4,84	5,87	7,14	7,03	6,5
Pendapatan Regional Per Kapita						
Atas Dasar Harga Berlaku	Rupiah (Rp)	31.460.372,3	35.180.224,74	39.008.415,37	43.853.770,93	48.203.526,29
Atas Dasar Harga Konstan	Rupiah (Rp)	29.934.279,04	31.816.253,13	33.678.762,00	35.519.421,74	37.254.67,69

Sumber : BPS (2015), hasil olah data (2015)

Struktur ekonomi Kabupaten Tuban pada 2010-2014 (lihat Tabel 5.2 dan 5.3) terlihat bahwa penggerak ekonomi utama Kabupaten Tuban berasal dari kegiatan sektor industri pengolahan. sektor pertanian. kehutanan dan perikanan. sektor konstruksi dan sektor perdagangan. hotel dan restoran. Keempat sektor tersebut termasuk sektor yang ikut berkontribusi dalam menyumbangkan emisi GRK.

#### 5.1.1.2 Hubungan Pertumbuhan ekonomi dengan Skenario Emisi

Berdasarkan analisa pertumbuhan ekonomi dapat diketahui bahwa pembangunan ekonomi Kabupaten Tuban masih pembangunan di skala regional. mengingat laju pertumbuhan ekonomi dengan rata-rata pertahunnya sebesar 11,47% . jika laju pertumbuhan ekonomi pada tahun 2011 dijadikan sebagai dasar (base line) maka tahun 2012 dan 2013 mengalami pertumbuhan negative dan pada tahun 2014 mengalami pertumbuhan positif. Laju inflasi rata-rata pertahun selama 5 tahun sebesar 6,22% termasuk golongan inflasi ringan karena dibawah 10% Menurut Bambang dan Aristanti (2007) inflasi rendah atau *creeping inflation* adalah inflasi yang besarnya kurang dari 10 % tahun.

Kondisi pertumbuhan ekonomi kabupaten Tuban menunjukkan pendapatan regional perkapita masih minimal yaitu rata-rata pertahunnya selama 5

tahun sebesar Rp. 23.514.093,- yang menunjukkan masyarakatnya masih berpenghasilan rendah. Pembangunan ekonomi masih pada tahap skala regional. yaitu masih meningkatkan produk domestik regional. masih ada kesenjangan produktivitas dan produktivitas pertanian menjadi sumber utama perekonomian. namun daerah juga kaya sumber daya alam. Kondisi perekonomian ini menunjukkan ciri dari skenario emisi A2.

Menurut IPCC (2007<sup>a</sup>) rata-rata global pendapatan per kapita di A2 relatif rendah dari pada skenario emisi yang lain (terutama A1 dan B1). mencapai sekitar US \$ 7.200 per kapita pada tahun 2050 dan US \$ 16.000 pada tahun 2100. Pada tahun 2100 PDB global mencapai sekitar US \$ 250 triliun. Pertumbuhan ekonomi tidak merata dan kesenjangan pendapatan antara sekarang-industri dan mengembangkan bagian dunia tidak sempit. tidak seperti di A1 dan keluarga skenario B1. Masyarakat berpenghasilan rendah. daerah kaya sumber daya alam dan umumnya mengandalkan teknologi fosil yang lebih tua. Intensitas energi untuk A2 menurun dengan kecepatan 0.5 sampai 0.7% per tahun.

#### **5.1.1.3 Analisa Penanganan Lingkungan Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban.**

Untuk mengetahui penanganan lingkungan lokal wilayah kabupaten Tuban berkelanjutan yang berarti pemanfaatan lingkungan yang bertanggungjawab. sehingga tidak terjadi pengaruh-pengaruh yang merugikan lingkungan. Menurut UU 32 tahun 2009 ciri-ciri pembangunan berwawasan lingkungan hidup yang berkelanjutan. antara lain (1) pembangunan harus direncanakan dengan baik dan dipertimbangkan dampak lingkungan yang merugikan. (2) pembangunan harus mempertimbangkan aspek-aspek lingkungan. (3) dalam melakukan pembangunan harus diikuti sertakan usaha pelestariannya. Menurut Mukono (2005) AMDAL merupakan dokumen studi kelayakan ilmiah di bidang lingkungan hidup yang menjadi alat bantu bagi pengambilan keputusan dalam pembangunan berwawasan lingkungan. Oleh karena itu untuk mengetahui penanganan lingkungan yang sudah dilakukan di wilayah pesisir Kabupaten Tuban dapat diketahui dari laporan andal pada beberapa kegiatan industri di wilayah pesisir Tuban sudah dilengkapi dengan AMDAL, sehingga penanganan lingkungan lokasi tersebut merupakan penanganan lingkungan lokal yang berkelanjutan.

#### **5.1.1.4 Hubungan Penanganan Lingkungan Lokal dengan Skenario Emisi**

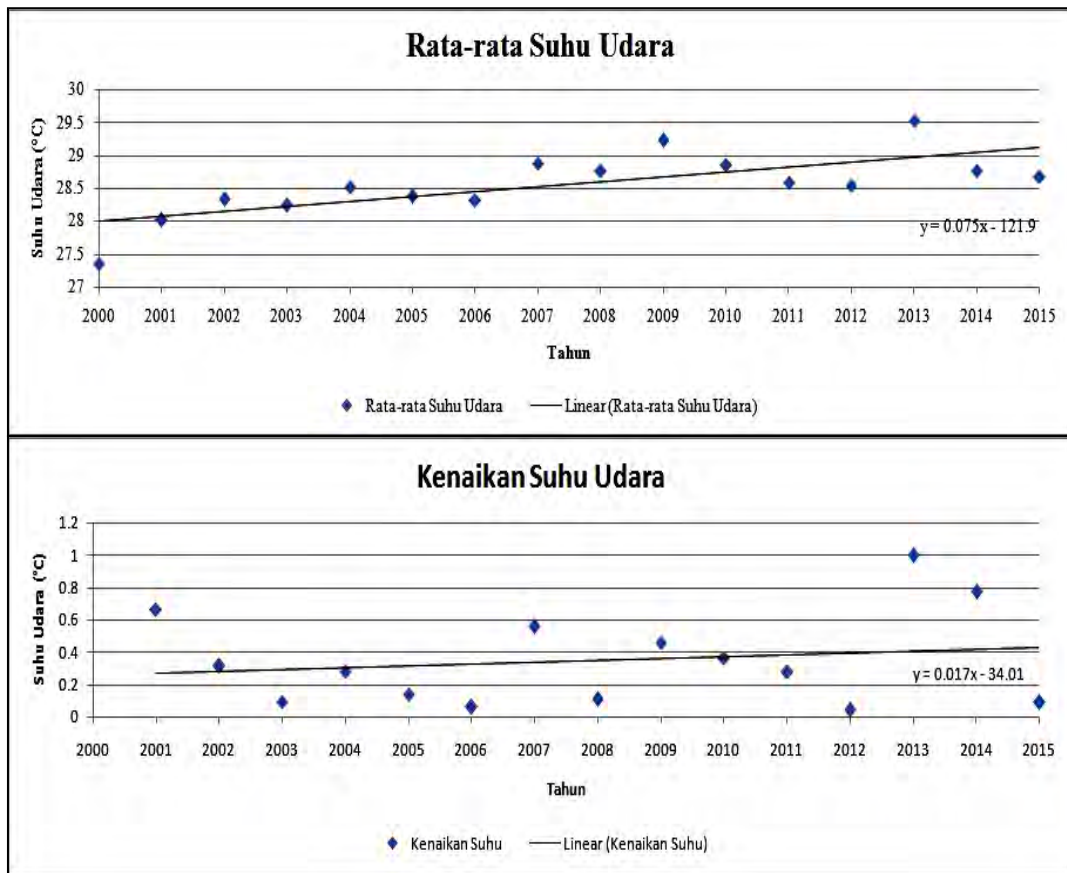
Penekanan skenario emisi B2 lebih memfokuskan pada penanganan lingkungan lokal yang berkelanjutan (IPCC, 2000). Sesuai alur cerita dan skenario famili (IPCC, 2007<sup>b</sup>) menunjukkan skenario Emisi B2 merupakan skenario peningkatan kepedulian terhadap kelestarian lingkungan dan sosial dibandingkan dengan alur cerita A2. Kebijakan pemerintah dan strategi bisnis di tingkat lokal dipengaruhi oleh warga sadar lingkungan. dengan kecenderungan kemandirian lokal dan masyarakat yang lebih kuat. Arah pengambilan keputusan struktur adalah institusi lokal dan regional. kesejahteraan manusia. kesetaraan. dan perlindungan lingkungan semua memiliki prioritas tinggi. dan mereka ditangani melalui solusi sosial berbasis komunitas selain solusi teknis. Selain itu alur cerita B2 menyediakan iklim yang sangat menguntungkan bagi masyarakat dengan inisiatif dan inovasi sosial. terutama dengan tingkat pendidikan yang tinggi.. Arnell (2004) menggunakan skenario emisi B2 berdasarkan jumlah populasi penduduk dan tingkat pendidikan masyarakat dalam menghadapi penekanan terhadap kekurangan sumber air.

Sehingga pemilihan skenario emisi B2 sangat cocok dipilih untuk wilayah pesisir Kabupaten Tuban karena: (1) penanganan lingkungan lokal yang berkelanjutan, (2) arah pengambilan keputusan struktur dengan institusi lokal dan regional. yaitu pengambilan keputusan mengenai pengelolaan lingkungan di kabupaten dikoordinasikan dengan instansi terkait seperti Badan Lingkungan Hidup (BLH) dan Dinas Perikanan dan Kelautan (DKP) Kabupaten Tuban, (3) hasil keputusan diinformasikan pada masyarakat sekitar melalui tokoh-tokoh masyarakat atau pada masyarakat yang sadar terhadap pentingnya lingkungan yang berkelanjutan, (4) masyarakat dengan tingkat pendidikan yang tinggi akan mempromosikan pengembangan dan perlindungan lingkungan

#### **5.1.1.5 Analisa Data Suhu Udara dan Prediksi Suhu**

Untuk menghitung atau mencari kenaikan temperature sampai 2100 sebagai salah satu dasar untuk bisa memilih skenario emisi. maka dilakukan perhitungan dari data yang diperoleh dari BMKG Tanjung Perak dari Tahun 2000 sampai 2015, maka diperoleh persamaan  $y = 0.075x - 121.9$  (Gambar 5.1).

Sehingga dapat diketahui kenaikan suhu pada tahun 2100 adalah sebesar 1.69 °C dengan tahun 2000 sebagai acuan (Tabel 5.4 )



Gambar 5.1 Tren Rata-Rata Suhu Udara tahun 2000 – 2015 dan Tren Kenaikan Suhu Udara Terhadap Tahun 2000

Tabel 5.4 Prediksi Kenaikan Suhu Udara Kabupaten Tuban pada Tahun 2100

Tahun	Rata- Rata Suhu Observasi (°C)	Suhu Akan Datang (°C) ( $y = 0.075x - 121.9$ )	Selisih Perubahan (°C) ( $y = 0.017x - 34.01$ )
2000	27.35283378		0
2005	28.37326389		0.075
2010	28.85805006		0.16
2015	28.67422817		0.245
2020		29.600	0.33
2030		30.350	0.5
2040		31.100	0.67
2050		31.850	0.84
2060		32.600	1.01
2070		33.350	1.18
2080		34.100	1.35
2090		34.850	1.52
2100		35.600	1.69

#### **5.1.1.6 Hubungan Kenaikan Suhu Udara dengan Skenario Emisi**

Penekanan SRES A1, A2, B1, dan B2 adalah kenaikan suhu udara pada tahun 2100. dimana kenaikannya secara berturut-turut A1 (1,4-6,4°C). B1 (1,1-2,9°C) dan A2 (2,0-5,4°C) dan B2 (1,4-3,8°C) maka pemilihan skenario emisi yang tepat berdasarkan kenaikan suhu udara adalah B2 selain itu dengan pertimbangan kondisi lokal daerah dan aktivitas lingkungan dengan menjaga stabilitas lingkungan yang ada.

Urrutia (2008) menunjukkan menjelaskan tren pemanasan di Amerika Selatan mencapai hingga 8°C namun menggunakan skenario emisi A2 dan B2 karena ingin membuktikan bahwa pemanasan global terjadi di pegunungan tropis Amerika Selatan (pegunungan Adhes) pada elevasi tertentu. Hansen *et al.* (2013) melaporkan bahwa kenaikan suhu udara pada akhir abad ini kemungkinan akan melebihi 2°C. Hanya skenario yang paling ambisius dalam hal pengurangan gas rumah kaca menunjukkan peningkatan suhu global kurang dari 1,5°C pada akhir abad mendatang yaitu dengan skenario yang memperhatikan pengurangan emisi mulai skala lokal.

#### **5.1.2 Penentuan Skenario Referensi**

Skenario Post-SRES telah mengusulkan memodifikasi skenario emisi SRES A1.B1.A2 dan B2 sehingga konsentrasi gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>) stabil di awal abad ke-22. Empat skenario Post-SRES (Tabel 2.3. BAB II) yang menstabilkan konsentrasi CO<sub>2</sub> yaitu 450. 550. 650 atau 750 *parts per million by volume* (ppmv). yang disebut skenario stabilisasi. Tingkat stabilisasi yang paling umum adalah 550 ppmv. yang ada untuk semua skenario emisi SRES kecuali B1. Alasan skenario B1 dengan sendirinya akan mengarah pada konsentrasi CO<sub>2</sub> sebesar 550 ppmv pada tahun 2100 (Schlesinger and Malyshev, 2001)

Untuk memilih skenario referensi yang sesuai dengan kondisi kawasan pesisir kabupaten Tuban. maka harus diketahui dahulu tren emisi di kabupaten Tuban. sehingga dapat ditentukan stabilisasi CO<sub>2</sub> yang diinginkan untuk wilayah lokal.

##### **5.1.2.1 Tren Emisi per Sektoral di Kabupaten Tuban**

Metode perhitungan emisi gas rumah kaca (GRK) berdasarkan pada Pedoman Inventarisasi GRK yang bersumber pada metode IPCC yang telah



diterbitkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup (2013), sumber emisi GRK dibagi menjadi 4 sektor yaitu: sektor energi, sektor proses industri dan penggunaan produk (IPPU), sektor pertanian dan kehutanan (AFOLU), dan sektor limbah. Secara sederhana emisi gas rumah kaca merupakan kombinasi antara kegiatan manusia dengan koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi yang terkandung dalam satu satuan kegiatan. Data kegiatan manusia biasa disebut data kegiatan (*Activity Data*) sedangkan banyaknya kandungan emisi dalam setiap satuan kegiatan disebut dengan faktor emisi (*Emission Factor*).

Inventarisasi emisi GRK Kabupaten Tuban meliputi perhitungan emisi dan serapan untuk tahun 2011-2014. Adapun sektor-sektor penyumbang dan penyerap emisi di Kabupaten Tuban meliputi energi, IPPU, AFOLU, dan limbah. Jenis gas yang dilaporkan dari sektor-sektor penyumbang/pemserap emisi terdiri dari gas karbondioksida (CO<sub>2</sub>), gas metana (CH<sub>4</sub>) dan gas dinitro oksida (N<sub>2</sub>O).

Gambar 5.2 menunjukkan kecenderungan adanya kenaikan emisi dari 4 sektor yang ada. Secara keseluruhan pada periode 2011-2014, emisi dari seluruh sektor penyumbang GRK selalu meningkat, terutama tingkat emisi pada tahun 2014.



Gambar 5.2 Emisi Per Sektor Tahun 2011-2014 (ton CO<sub>2</sub>e)  
Sumber : Hasil Analisa. 2015

Tabel 5.5 menunjukkan besar emisi berdasarkan kategori IPCC 2007. Dapat dilihat bahwa pada 2011-2014 emisi dari sektor IPPU sebagian besar disumbangkan dari sub sektor industri mineral (semen dan kapur), diikuti dari sub

sektor penggunaan produk. Emisi dari sektor energi sebagian besar disumbangkan dari kategori komersial dan permukiman. diikuti kategori transportasi dan industri pengolahan. Dari sektor AFOLU terjadi penyerapan emisi yang dihasilkan dari pengelolaan lahan hutan dan sejenisnya, dengan tidak mengesampingkan adanya emisi dari kategori penggunaan pupuk dan pengolahan sawah. dan peternakan (*fermentasi enterik*). Sedangkan emisi dari sektor limbah sebagian besar disumbangkan dari pengolahan limbah padat. pengolahan limbah cair domestik. dan pembakaran sampah.

Tabel 5.5. Emisi per Kategori Kegiatan Penghasil Emisi (dalam ton CO<sub>2</sub>e)

No	Kategori	2011	2012	2013	2014
1	<b>Sektor Energi</b>	<b>1.341.480</b>	<b>1.506.040</b>	<b>1.618.130</b>	<b>8.879.095</b>
	Transportasi	374.031	451.108	451.920	1.491.438
	Industri Manufaktur	20.945	24.924	32.207	874.843
	Penggunaan energi lain (rumah tangga dan komersil dll)	946.504	1.030.008	1.134.003	6.512.814
2	<b>Sektor Proses Industri dan Penggunaan Produk</b>	<b>13.224.641</b>	<b>15.808.921</b>	<b>18.251.386</b>	<b>21.370.585</b>
	Industri Mineral	11.929.868	14.255.189	16.443.260	16.311.287
	Penggunaan produk non energi	1.294.773	1.553.732	1.808.126	5.059.299
3	<b>Sektor Pertanian dan Kehutanan</b>	<b>1.209.650</b>	<b>960.274</b>	<b>-4.238.313</b>	<b>-3.123.128</b>
	Ternak	452.495	456.500	458.045	473.946
	Lahan	-30.672	-20.889	-5.501.539	-4.489.156
	Pembakaran biomassa. penggunaan pupuk dan pengolahan sawah	787.826	524.663	805.181	892.082
4	<b>Sektor Limbah</b>	<b>510.853</b>	<b>532.997</b>	<b>634.211</b>	<b>813.810</b>
	Limbah Padat	431.365	464.581	546.273	688.818
	Komposting	-30.370	-35.986	-35.221	-39.684
	Pembakaran/insenerasi	18.614	10.869	9.117	18.088
	Limbah Cair Domestik	91.244	93.533	114.042	146.584
<b>Total Emisi (CO<sub>2</sub>e)</b>		<b>16.296.406</b>	<b>18.808.231</b>	<b>16.265.414</b>	<b>27.940.361</b>

Sumber: Analisa Data. 2015 dari data BLH Kabupaten Tuban

#### 5.1.2.2 Tren Emisi per Jenis Gas

Total emisi per jenis gas rumah kaca pada 2011-2014. Secara keseluruhan. total emisi per jenis gas cenderung meningkat dengan bertambahnya aktivitas penghasil emisi di Kabupaten Tuban seperti pada Tabel 5.6

Tabel 5.6. Total Emisi per jenis gas dari seluruh sektor penyumbang emisi Tahun 2011-2014

<b>Gas GRK</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>
CO <sub>2</sub> (ton)	14.596.705	17.306.609	14.402.973	25.741.284
CH <sub>4</sub> (ton)	59.170	59.884	64.121	64.725
N <sub>2</sub> O (ton)	1.475	787	1.664	2.709
<b>Total (ton CO<sub>2</sub>e)</b>	<b>16.296.407</b>	<b>18.808.232</b>	<b>16.265.415</b>	<b>27.907.933</b>

Sumber: Analisa Data (2015) dari data BLH Kabupaten Tuban

Berdasarkan jenis gasnya. pada 2014, (CO<sub>2</sub>) merupakan penyumbang emisi terbesar dengan kontribusi sebesar 25.741.284 ton diikuti CH<sub>4</sub> sebesar 64.725 ton dan N<sub>2</sub>O sebesar 2.709 ton. Berdasarkan emisi sektoral, pada 2014. penyumbang emisi CO<sub>2</sub> terbesar adalah sektor IPPU yaitu sebesar 21.370.585 ton CO<sub>2</sub>. diikuti sektor energi sebesar 8.809.378 ton CO<sub>2</sub>, sektor AFOLU sebesar 34.610 ton CO<sub>2</sub> dan sektor limbah 15.867 ton CO<sub>2</sub>, sedangkan pada sektor AFOLU juga menyumbang penyerapan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 4.489.156 ton CO<sub>2</sub>.

Untuk sumber emisi CH<sub>4</sub> terbesar adalah emisi dari sektor limbah sebesar 39.274 ton CH<sub>4</sub> (58,87%), diikuti oleh emisi dari sektor AFOLU sebesar 26.436 ton CH<sub>4</sub> (39,62%) dan emisi dari sektor energi sebesar 1.008 ton CH<sub>4</sub> (1,60%).

Untuk emisi N<sub>2</sub>O. kontributor emisi terbesar adalah emisi dari sektor AFOLU sebesar 2.504 ton N<sub>2</sub>O (92,43%). diikuti oleh emisi N<sub>2</sub>O dari sektor energi 157 ton N<sub>2</sub>O (5,78%) dan emisi N<sub>2</sub>O dari sektor limbah sebesar 49 ton N<sub>2</sub>O (1,79%).

### 5.1.2.3 Hubungan Besarnya Emisi dengan Skenario Referensi yang terpilih

Berdasarkan perhitungan emisi per sektor kegiatan dan per jenis gas maka perlu adanya pengendalian emisi CO<sub>2</sub>e untuk Kabupaten Tuban. karena emisi yang dihasilkan masih sangat besar yaitu selama 4 tahun rata2 sebesar 19.819.496.75 ton CO<sub>2</sub>e

Menurut Schlesinger and Malyshev (2001) tingkat stabilisasi yang paling umum adalah 550 ppmv, karena hampir ada di semua skenario emisi kecuali skenario emisi B1. Penggunaan Skenario kebijakan ini diharapkan pada tahun 2100 terjadi penurunan emisi.

## 5.2 Penentuan Model Iklim yang dikembangkan SRES

Letak geografis merupakan salah satu determinan yang menentukan masa depan dari suatu negara dalam melakukan hubungan internasional. Meski untuk sementara waktu diacuhkan, kondisi geografis suatu negara sangat menentukan peristiwa-peristiwa yang memiliki pengaruh secara global. Letak geografis Indonesia terletak diantara Benua Asia dan Benua Australia, serta Samudera Hindia dan Samudera Pasifik. Posisi ini sangat strategis dan penting dalam kaitannya dengan perekonomian. Indonesia berada persimpangan lalu lintas dunia.

Matsuoka *et al.* (2001) memperkirakan bahwa perubahan iklim global memiliki dampak yang signifikan pada masyarakat dan ekonomi wilayah Asia-Pasifik, dan perlu adanya adopsi langkah-langkah untuk mengatasi perubahan iklim global akan memaksa wilayah untuk membawa beban ekonomi yang sangat besar. Menanggapi ancaman serius dan jangka panjang, maka diperlukan membangun alat komunikasi dan evaluasi dalam menentukan kebijakan dan penelitian di wilayah Asia Pasifik.

*The Asian-Pacific Integrated Model* (AIM) adalah model simulasi komputer skala besar yang dikembangkan untuk mempromosikan proses penilaian terintegrasi di kawasan Asia-Pasifik. Tujuan utama dari model ini adalah untuk menilai pilihan kebijakan untuk menstabilkan iklim global, khususnya di kawasan Asia-Pasifik, dari dua perspektif mengurangi emisi gas rumah kaca dan menghindari dampak perubahan iklim. Karakteristik model ini adalah: (1) mengintegrasikan emisi, iklim dan dampak model, (2) menyiapkan modul untuk mengevaluasi negara pada tingkat nasional dan global dan untuk memastikan konsistensi modul tersebut di kawasan Asia Pasifik, (3). Modul terintegrasi antara modul Nasional bottom-up dengan modul top-down global, (4) dirancang untuk menilai kebijakan-kebijakan alternative, (5) berisi modul pilihan teknologi yang sangat rinci untuk mengevaluasi efek memperkenalkan teknologi maju, (6) menggunakan informasi dari sistem informasi geografis rinci untuk mengevaluasi.

Model AIM telah memberikan banyak kontribusi untuk pertimbangan-pertimbangan kebijakan di tingkat nasional, regional dan global seperti pada pertemuan seperti *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), *The Stanford Energy Modeling Forum* (EMF), *Eco-Asia (The Congress of Asian*

*Ministers for the Environment*), *The Global Environmental Outlook* (GEO/UNEP) dan sebagainya.

Kainuma *et al.* (2003) menganalisa dampak ekonomi dan iklim dengan menggabungkan Model AIM dengan tiga skenario emisi dan skenario referensi penargetan konsentrasi CO<sub>2</sub> 550 ppmv di atmosfer. Model ini memperkirakan bahwa rata-rata suhu global akan meningkat 1.7% pada tahun 2100. dan permukaan laut meningkat 40%. Diperkirakan bahwa pemanasan global akan memiliki dampak yang signifikan pada masyarakat dan ekonomi wilayah Asia-Pasifik. dan perlu adanya adaptasi untuk mengatasi perubahan iklim global. Peneliti lain menggunakan penggabungan model AIM untuk menganalisa dampak perubahan iklim di wilayah Asia-Pasifik antara (Matsuoka *et al.*, 2001)

### **5.3 Prediksi Kenaikan Muka Air Laut (*Sea Level Rise/ SLR*) Dengan MAGICC**

Tiga skenario ini nantinya akan dibandingkan dengan data lingkungan yang ada sehingga bisa diketahui skenario perubahan iklim yang sesuai dengan lokasi studi. Skenario yang digunakan adalah berikut:

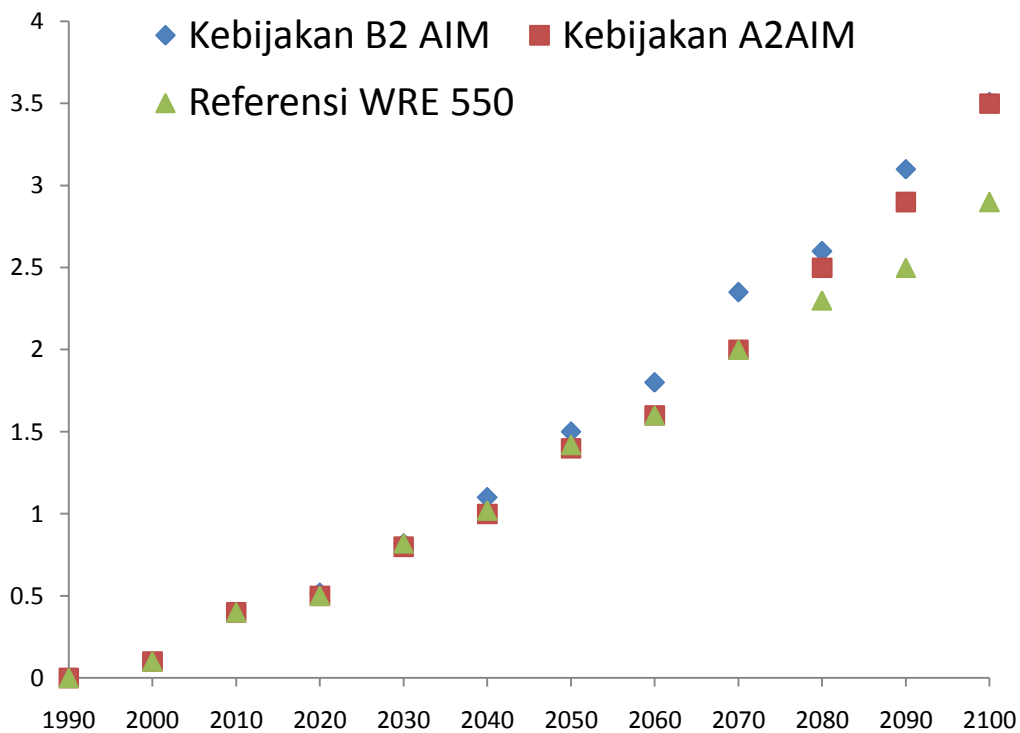
#### **Skenario Iklim:**

- Skenario Kebijakan: B2-AIM dan A2-AIM.
- Skenario referensi: menggunakan stabilitas konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk A2 dan B2 yaitu 550 ppm (WRE550)
- Carbon Cycle: Mid. C-Cycle climate feedback : On . Aerosol forcing : Mid

Prediksi SLR selama beberapa tahun ke depan sampai tahun 2100 dari pemodelan MAGICC untuk kawasan pesisir Kabupaten Tuban. Pada tahun 2100 terjadi SLR sebesar 3.51 meter untuk skenario B2AIM dengan rata-rata kenaikan sebesar 1.483 meter. Skenario A2AIM pada tahun 2100 terjadi SLR sebesar 3.5 meter dan dengan rata-rata kenaikan 1.392 meter. Sedangkan untuk skenario referensi WRE 550 pada tahun 2100 terjadi SLR sebesar 2.9 meter dan dengan rata-rata kenaikan 1.297 meter. SLR per 10 tahun dari pemodelan MAGICC dapat dilihat pada Tabel 5.7 dan Gambar 5.3

Tabel 5.7 Perbandingan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC

Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)		
	WRE 550 (Skenario Referensi)	B2AIM (Skenario Kebijakan)	A2AIM (Skenario Kebijakan)
1990	0	0	0
2000	0.1	0.1	0.1
2010	0.4	0.4	0.4
2020	0.5	0.52	0.5
2030	0.82	0.82	0.8
2040	1.02	1.1	1
2050	1.42	1.5	1.4
2060	1.6	1.8	1.6
2070	2	2.35	2
2080	2.3	2.6	2.5
2090	2.5	3.1	2.9
2100	2.9	3.51	3.5
Rata-rata	1.297	1.483	1.392

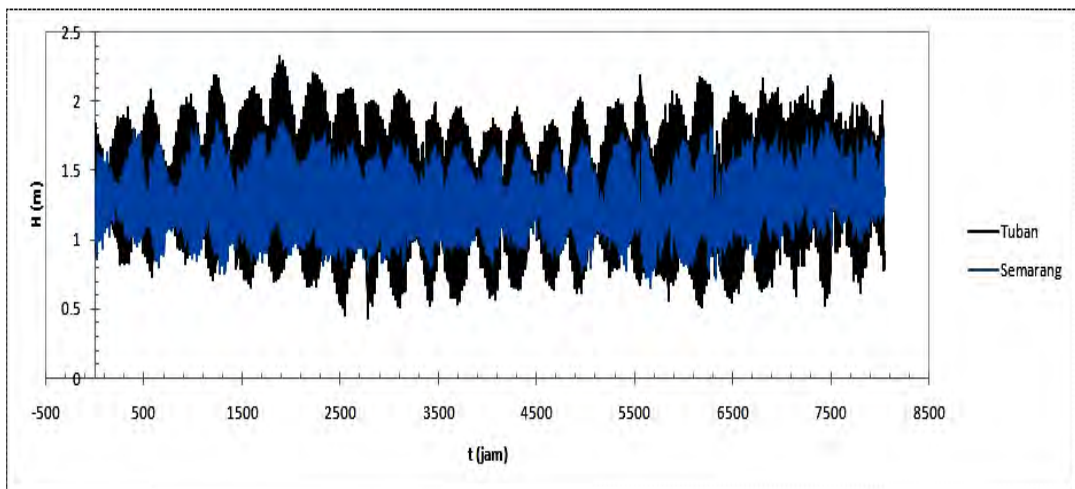


Gambar 5.3 Prediksi Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dari tahun 1990-2100

#### 5.4 Trendline MSL Tuban

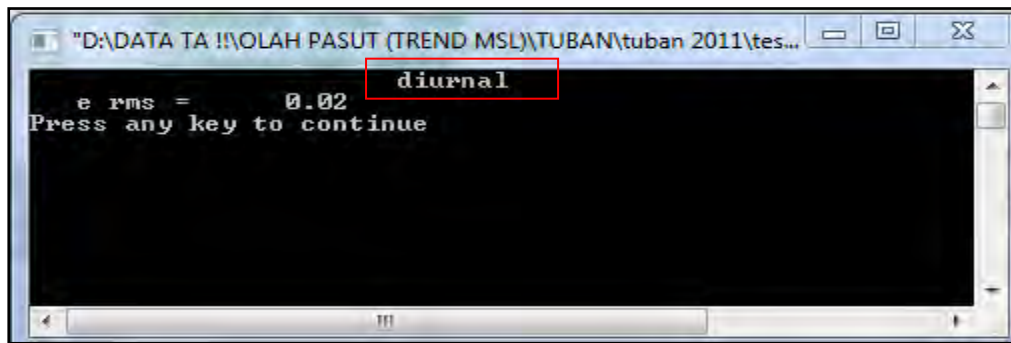
Kenaikan muka air laut dapat diprediksi melalui fluktuasi muka air laut akibat pasang surut didaerahnya. Dalam penelitian ini karena keterbatasan data pasang surut Tuban (2011-2014) dengan lokasi pengambilan Pelabuhan TPPI, maka untuk memprediksi kenaikan muka air laut digunakan data adopsi dari data pasang surut Semarang (1985-2014) dengan lokasi pengambilan Tanjung Emas Semarang. Kemudian data pasang surut dengan tahun yang ada ditarik trendlinenya untuk memprediksi kenaikan muka air laut di tahun-tahun berikutnya

Gambar 5.4 merupakan data pasang surut Tuban dan Semarang pada tahun 2011 menunjukkan bahwa data pasang surut Tuban memiliki nilai yang lebih tinggi dari data pasang surut Semarang. oleh karena itu perlu di cari nilai selisih antara data pasang surut Tuban dan Semarang yang kemudian akan digunakan untuk mencari nilai baru pasang surut Semarang agar bisa dijadikan adopsi untuk mencari MSL Kabupaten Tuban beberapa tahun mendatang.



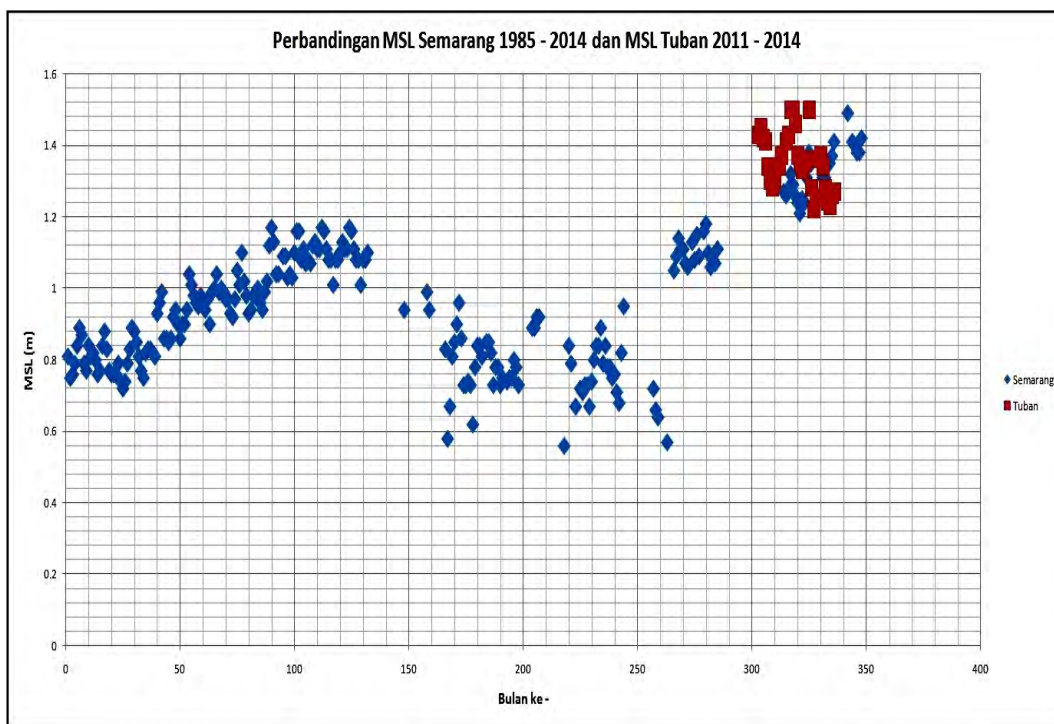
Gambar 5.4 Grafik Perbandingan Pasut Tuban-Semarang pada Tahun 2011

Nilai selisih antara pasang surut Tuban dan Semarang pada tahun 2011 rata-rata 0.03 m sehingga diperoleh nilai MSL Semarang baru yang digunakan sebagai adopsi untuk menentukan nilai MSL Tuban di tahun-tahun mendatang. Kemudian data diolah menggunakan *program least square* (Gambar 5.5) sehingga, diketahui bahwa jenis pasang surut di daerah Tuban adalah *diurnal tide* yaitu pasang surut harian tunggal dimana dalam satu hari terjadi satu kali pasang dan satu kali surut



Gambar 5.5 Output Program Least Square

Untuk memperoleh prediksi SLR kabupaten Tuban maka mencari Tren MSL Tuban. dengan cara membandingkan nilai MSL Tuban dengan nilai MSL semarang yang mempunyai data lengkap (Gambar 5.6)

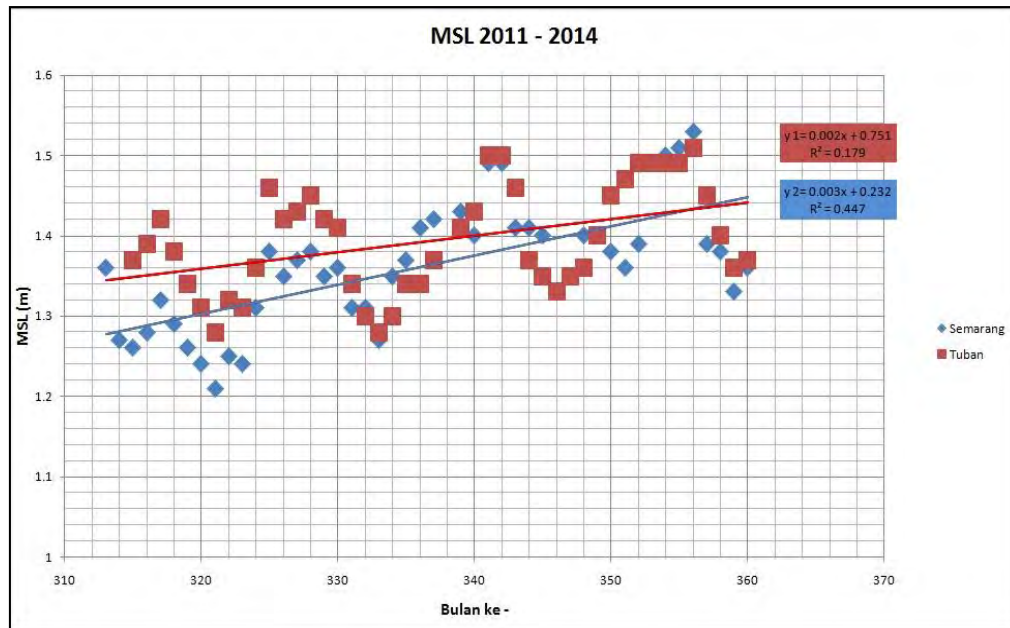


Gambar 5.6. Perbandingan MSL Semarang (1985-2014) dan MSL Tuban (2011-2014)

Berdasarkan Gambar 5.6 maka diperoleh trendline MSL Tuban tahun 2011-2014 (Gambar 5.7) sehingga dapat digunakan untuk memprediksi SLR kabupaten Tuban sampai Tahun 2100

Tabel 5.8 menunjukkan prediksi kenaikan muka laut sampai tahun 2100 dengan asumsi tahun 1990 sebagai acuan awal kenaikan muka air laut





Gambar 5.7. Grafik Trendline MSL 2011-2014

Tabel 5.8 Prediksi SLR Tuban sampai Tahun 2100

Tahun	Prediksi Kenaikan Muka Air Laut (m)
1990	0.000
2000	0.240
2010	0.480
2020	0.720
2030	0.960
2040	1.200
2050	1.440
2060	1.680
2070	1.920
2080	2.160
2090	2.400
2100	2.640

Prediksi MSL ini akan digunakan untuk validasi output dari pemodelan MAGICC untuk mendapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi di lokasi studi akibat terjadinya perubahan iklim.

## 5.5 Validasi Hasil

Berikut ini adalah hasil perbandingan kenaikan muka air laut antara dari pemodelan MAGICC dengan MSL yang diperoleh dari data pasang surut. Disini untuk membandingkan prediksi kenaikan muka air laut antara hasil pemodelan

MAGICC dengan MSL Tuban. maka diasumsikan bahwa MSL Kabupaten Tuban pada tahun 1990 adalah 0 (sebagai acuan awal kenaikan muka air laut).

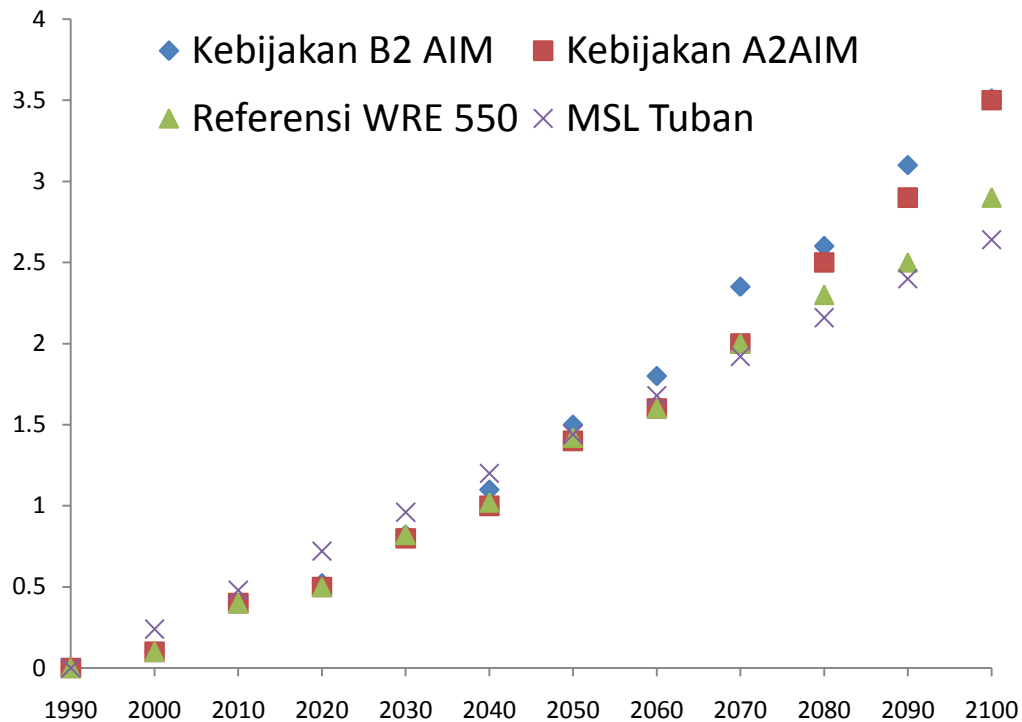
Perbandingan prediksi kenaikan muka air laut Tuban antara hasil pemodelan menggunakan MAGICC dan hasil prediksi MSL Tuban ditunjukkan pada Tabel 5.9 dan Gambar 5.8.

Tabel 5.9. Perbandingan Perubahan Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dan MSL yang diperoleh dari data pasang surut

Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)			
	Referensi WRE 550	Kebijakan B2AIM	Kebijakan A2AIM	MSL Tuban
1990	0	0	0	0
2000	0.1	0.1	0.1	0.240
2010	0.4	0.4	0.4	0.480
2020	0.5	0.52	0.5	0.720
2030	0.82	0.82	0.8	0.960
2040	1.02	1.1	1	1.200
2050	1.42	1.5	1.4	1.440
2060	1.6	1.8	1.6	1.680
2070	2	2.35	2	1.920
2080	2.3	2.6	2.5	2.160
2090	2.5	3.1	2.9	2.400
2100	2.9	3.51	3.5	2.640
Rata-rata	1.297	1.483	1.392	1.32

Pemodelan MAGICC (Tabel 5.9) dengan skenario B2AIM rata-rata kenaikan muka air laut yang terjadi adalah sebesar 1.48 meter. sedangkan untuk skenario A2AIM rata-rata kenaikan muka air laut yang terjadi adalah 1.392 meter. Skenario Referensi WRE 550 kenaikan 1.297 Dan untuk prediksi MSL Tuban rata-rata kenaikan muka air laut yang terjadi adalah sebesar 1.32 m

Jika diperhatikan pada Gambar 5.8 menunjukkan penggunaan skenario iklim terpilih A2-AIM. B2-AIM dan WRE-550 menunjukkan hasil yang hampir mendekati kondisi dari prediksi kenaikan muka laut dari MSL Tuban yang diperoleh dari prediksi data pasang surut yaitu dengan hasil koreksi dari hasil pemodelan menggunakan persamaan berikut (Tabel 5.8)



Gambar 5.8. Prediksi Kenaikan Muka Air Laut dengan Pemodelan MAGICC dan MSL yang diperoleh dari data pasang surut dari tahun 1990-2100

Tabel 5.10 Faktor Koreksi Kenaikan Muka air Laut Hasil Model dengan MSL Tuban

Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)				Koreksi (%)		
	Referensi WRE 550	Kebijakan B2AIM	Kebijakan A2AIM	MSL Tuban	Referensi WRE 550	Kebijakan B2-AIM	Kebijakan A2-AIM
1990	0	0	0	0	0.00	0.00	0.00
2000	0.1	0.1	0.1	0.240	-1.40	-1.40	-1.40
2010	0.4	0.4	0.4	0.480	-0.20	-0.20	-0.20
2020	0.5	0.52	0.5	0.720	-0.44	-0.38	-0.44
2030	0.82	0.82	0.8	0.960	-0.17	-0.17	-0.20
2040	1.02	1.1	1	1.200	-0.18	-0.09	-0.20
2050	1.42	1.5	1.4	1.440	-0.01	0.04	-0.03
2060	1.6	1.8	1.6	1.680	-0.05	0.07	-0.05
2070	2	2.35	2	1.920	0.04	0.18	0.04
2080	2.3	2.6	2.5	2.160	0.06	0.17	0.14
2090	2.5	3.1	2.9	2.400	0.04	0.23	0.17
2100	2.9	3.51	3.5	2.640	0.09	0.25	0.25
Rata-rata	1.297	1.483	1.392	1.32	-0.19	-0.12	-0.17

Sehingga dapat disimpulkan prediksi SLR dari Trenline MSL Tuban merupakan data oceanografi tanpa memperhatikan adanya dampak-dampak perubahan iklim yang terjadi. Sedangkan skenario iklim yang terpilih sudah

memperhatikan hal-hal yang mempengaruhi adanya dampak perubahan iklim. Skenario Referensi 550 merupakan skenario yang mengasumsikan bahwa pada tahun 2100 diharapkan konsentrasi CO<sub>2</sub> dengan konsentrasi 550 ppmv (IPCC. 2001<sup>a</sup>). Model Iklim AIM mengevaluasi opsi kebijakan untuk mengurangi emisi CO<sub>2</sub> di wilayah Asia-Pasifik (Kainuma. et al..2001).

## **BAB VIII**

### **ANALISA KERENTANAN PESISIR AKIBAT PERUBAHAN IKLIM**

Glosarium dari IPCC ketiga dan keempat menjelaskan bahwa penilaian terhadap kerentanan pesisir terhadap perubahan iklim merupakan kondisi kemampuan suatu sistem dalam mengatasi efek samping dari perubahan iklim, termasuk variabilitas iklim dan kondisi iklim yang ekstrim. Kerentanan pesisir terhadap kenaikan permukaan laut dan pendorong lain dari perubahan iklim ditentukan oleh sensitivitas mereka, paparan dan kapasitas adaptif (Nicholls dan Klein, 2005).

#### **8.1 Analisis Parameter Fisik Indeks Kerentanan Pesisir**

Hasil indeks kerentanan pesisir (*Coastal Vulnerability Index/CVI*) yang disajikan dalam penelitian ini menggunakan modifikasi dari beberapa peneliti (modifikasi beberapa peneliti yaitu Thieler and Hammar-Klose, (2000); Gornitz *et al.* (1997); Pendleton *et al.*, (2005); Boruff *et al.* (2005); DKP (2004); Abuodha. dan Woodroffe,(2006) untuk penentuan CVI terhadap ancaman kerusakan. Penentuan CVI terhadap *sea level rise* (SLR) dengan modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) dan Özyurt (2007). Modifikasi juga dilakukan pada penyajian informasi CVI secara spasial dimana berdasarkan metode Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) digunakan grid sel ukuran 0,25° x 0,25° (27,78 km<sup>2</sup>) koordinat geografis di sepanjang wilayah kajian. Sedangkan dalam penelitian ini digunakan batas desa pantai di sepanjang wilayah pesisir Tuban sehingga diperoleh 45 sel dan berjarak 300 m dari garis pantai rata-rata. Penggunaan batas desa dan kecamatan dalam penyajian CVI bertujuan memudahkan mengidentifikasi secara spasial wilayah yang rentan terhadap ancaman kerusakan dan SLR Adapun pembobotan parameter fisik kerentanan pantai terhadap ancaman kerusakan yaitu berdasarkan atas pembobotan dari 10 variabel fisik pantai, yaitu: (1) Geomorfologi

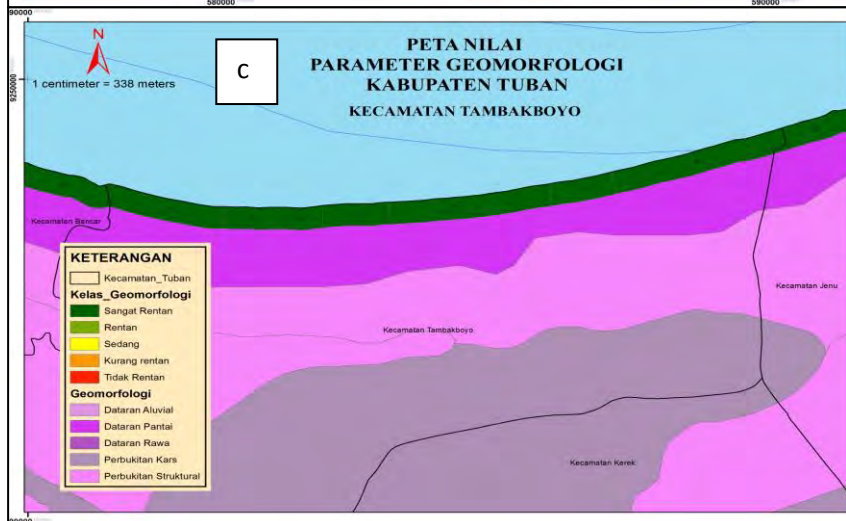
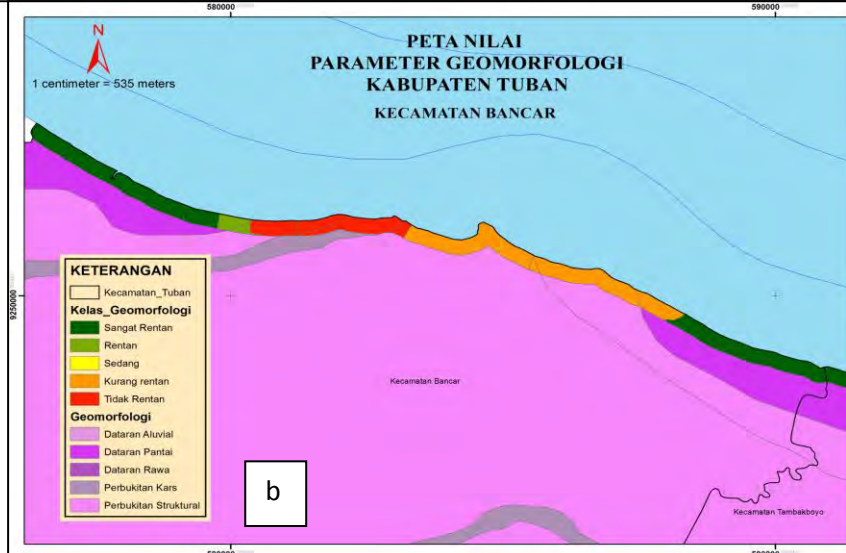
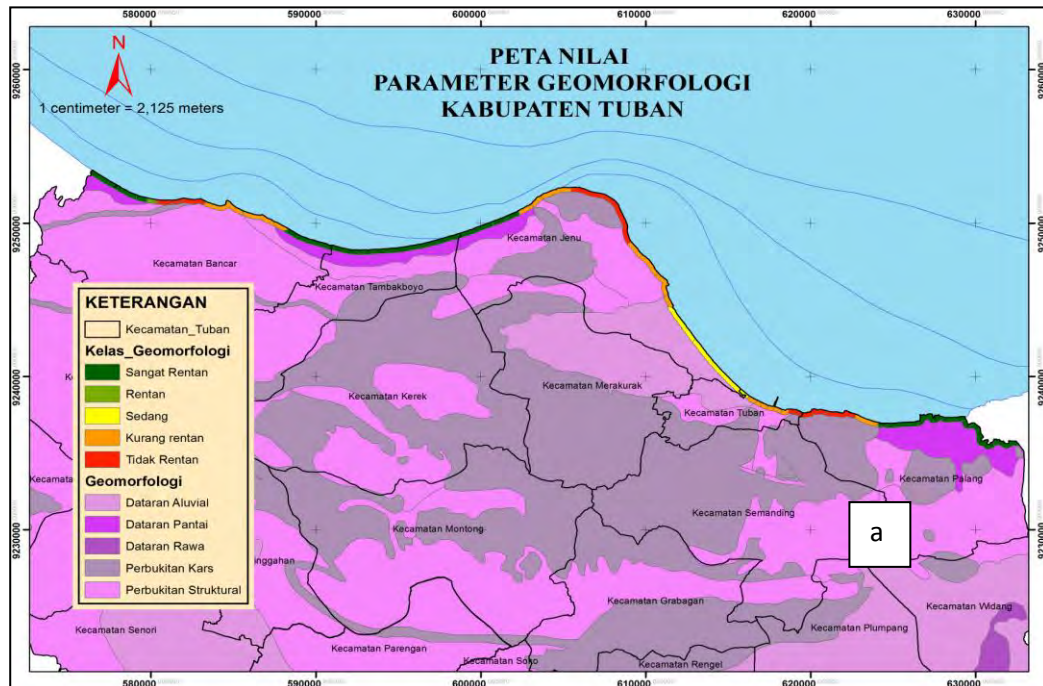
pantai, (2) Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi), (3) Tunggang pasut (Tidal Range) rata-rata, (4) Tinggi Gelombang Signifikan, (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif, (6) Perubahan Garis Pantai, (7) Penggunaan Lahan, (8) Litologi, (9) Luas Kerusakan Pantai, (10) Lebar sabuk hijau

### **8.1.1 Geomorfologi Pantai**

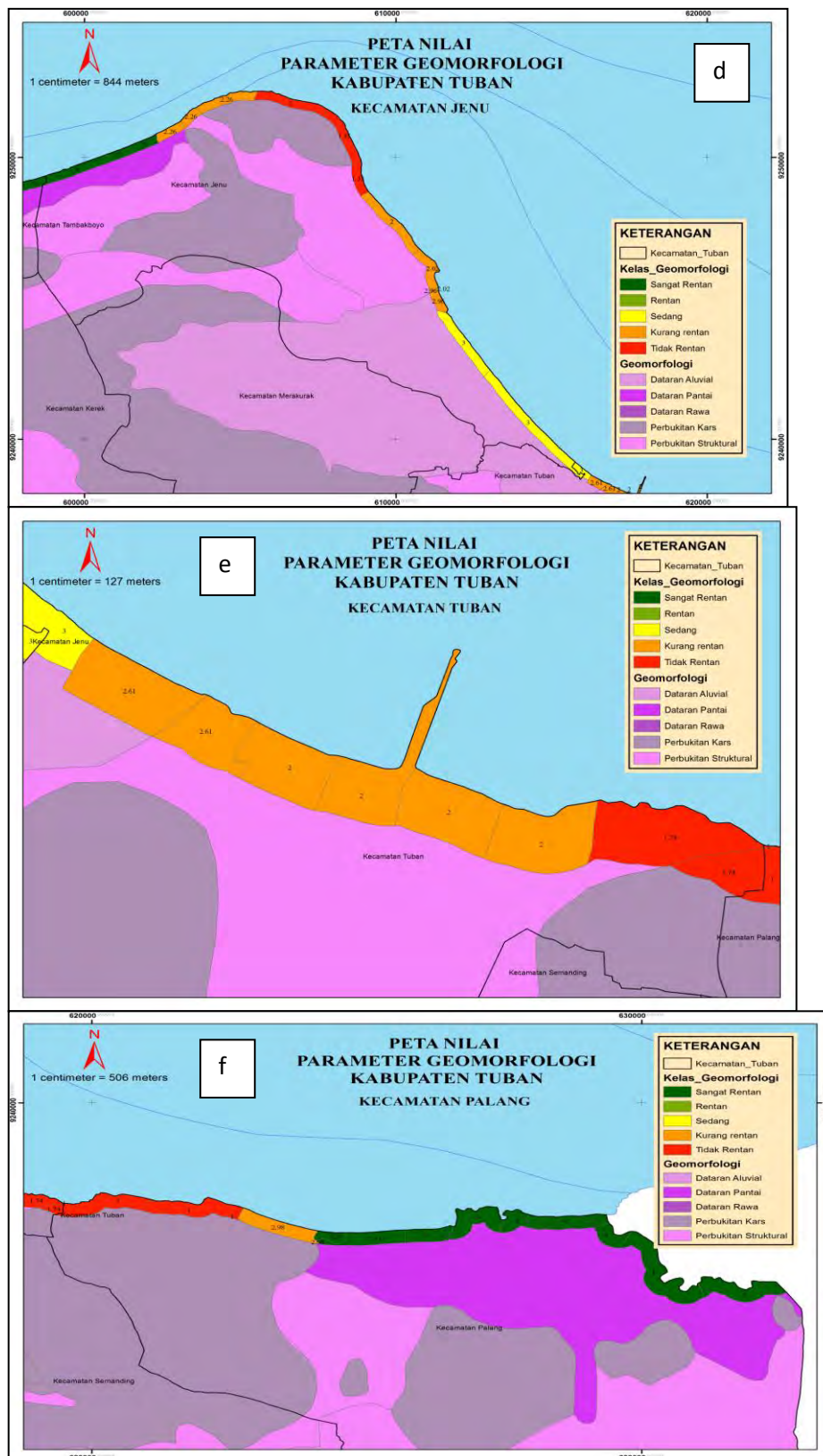
Dalam penentuan indeks kerentanan pesisir maka komponen geomorfologi merupakan salah satu variabel yang perlu dikaji. Geomorfologi adalah ilmu yang mempelajari mengenai bentang alam (*landform*), meliputi sifat dan karakteristik dari bentuk morfologi, klasifikasi dan pembedaanya serta proses yang bertanggungjawab terhadap pembentukan morfologi tersebut.

Geomorfologi pantai yang diperoleh dari analisa citra landsat 8 *Onboard Operational Land Imager* (OLI) di sepanjang pantai kabupaten Tuban didominasi oleh daratan alluvial 40,70%, sedangkan bentukan lahan yang berasal dari marin: backswamps 3,50%, dataran alluvial pantai 4,95%, gisik 0,70%, dan benting gisik 0,70%, kondisi seperti ini adalah kondisi pantai berpasir dan berlempung (Lampiran 8.1)

Data yang digunakan untuk mengidentifikasi kelas geomorfologi diperoleh dari Peta Rupa Bumi (RBI), Bakosurtanal skala 1:25000. Parameter-parameter tersebut kemudian dikelaskan berdasarkan kelas indikator yang dikemukakan oleh kelas-kelas dalam modifikasi dari Thieler and Hammar-Klose (2000). Namun karena wilayah pesisir Kabupaten Tuban terdapat perbukitan karst dan perbukitan struktural, maka kondisi geomorfologi ini dimasukkan dalam kelas 1 (tidak rentan) untuk perbukitan karst dan kelas 2 (kurang rentan) untuk perbukitan struktural. Hal ini didasarkan pada elevasi masing-masing perbukitan tersebut dan tidak ada dalam klasifikasi kelas-kelas yang ada, maka di peroleh hasil seperti tampak pada Gambar 8.1 dan Lampiran 8.2





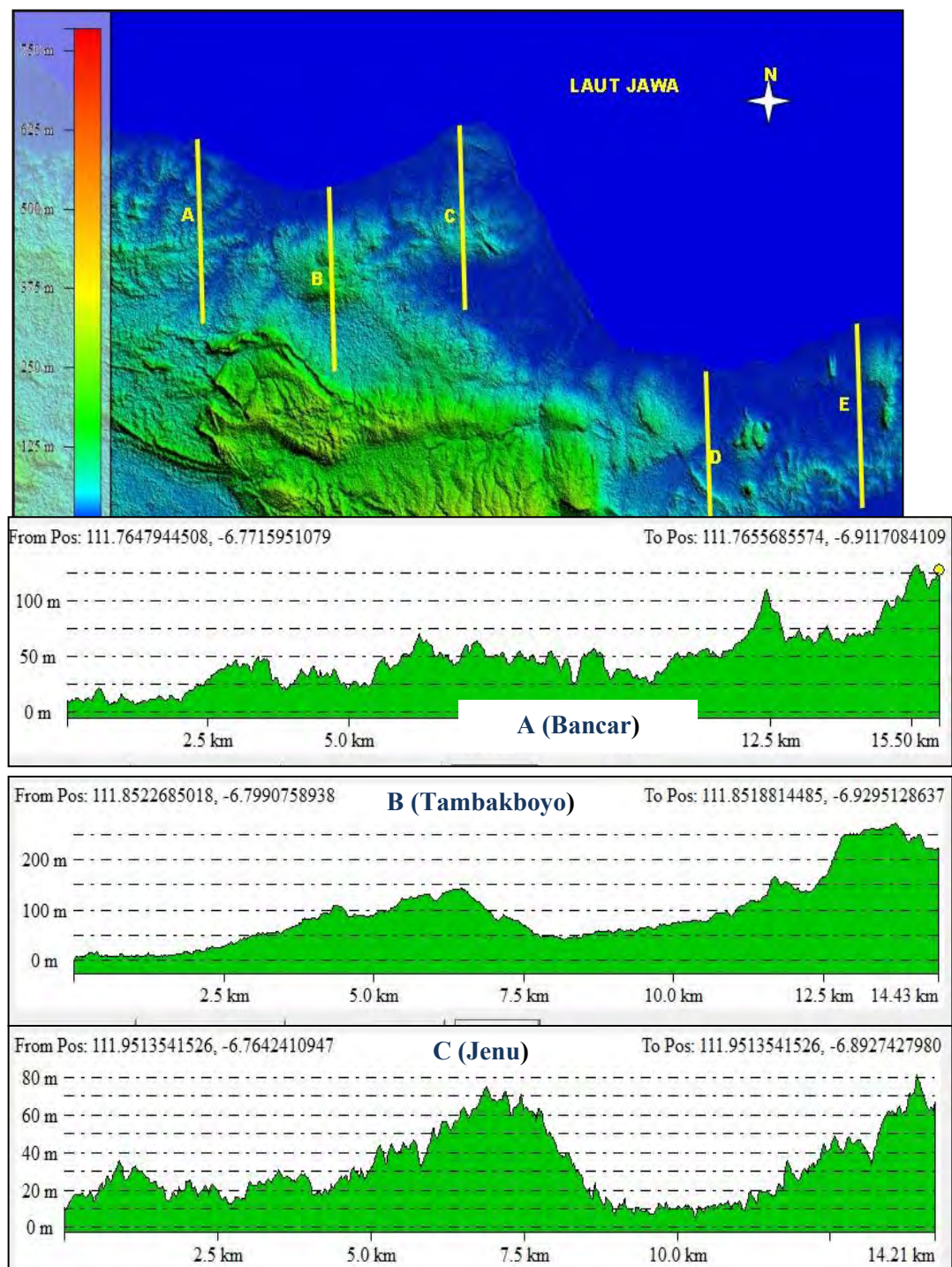


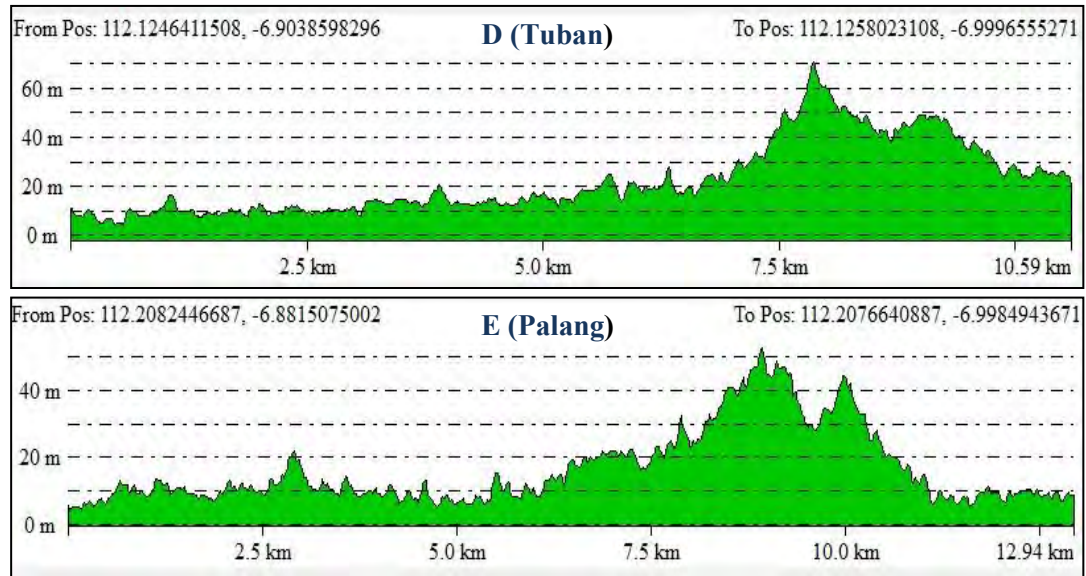
Gambar 8.1 Klasifikasi Parameter Geomorfologi untuk Kabupaten Tuban (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang



### 8.1.2 Elevasi (Ketinggian Permukaan Tanah)

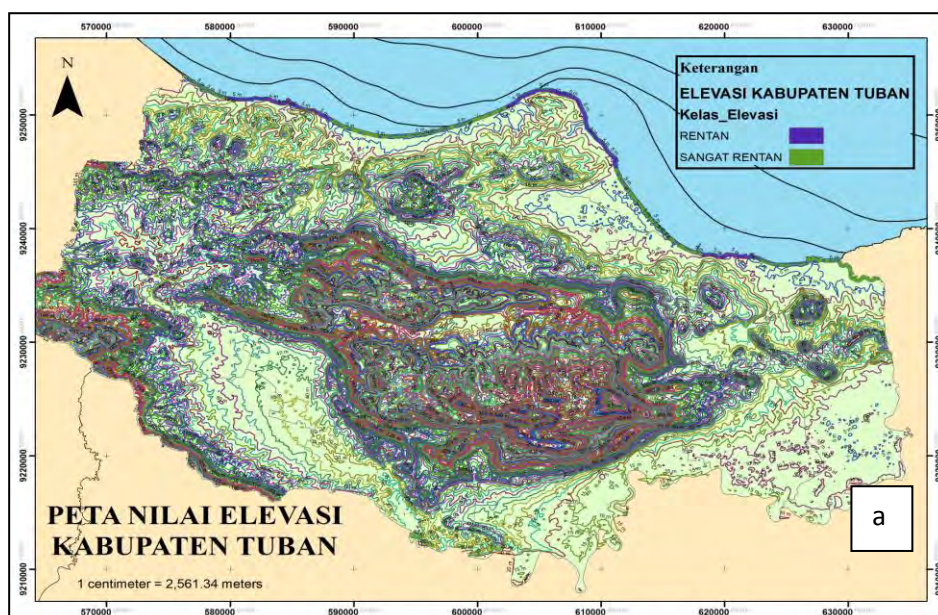
Informasi elevasi/ketinggian permukaan tanah diperoleh dari data SRTM DEM 30m dalam format raster. Informasi elevasi berfungsi menggantikan parameter kelerengan pantai (menurut Pendleton *et al.*, 2005) dalam perhitungan indeks kerentanan pesisir. Elevasi permukaan tanah digunakan oleh Gornitz *et al.* (1997) sebagai salah satu parameter yang berpengaruh dalam perhitungan kerentanan wilayah pesisir. Berdasarkan Gambar 8.2 maka kisaran ketinggian lokasi penelitian menggunakan scoring 0-5 m; 5,1-10 m; 10,1-20 m; 20,1 – 30 m dan lebih dari 30 m.



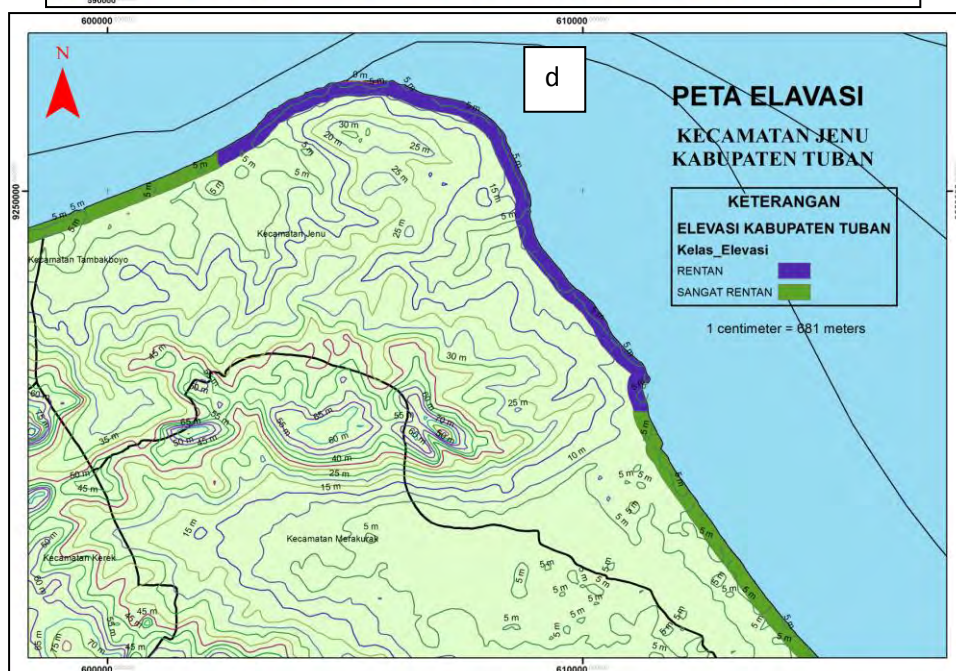
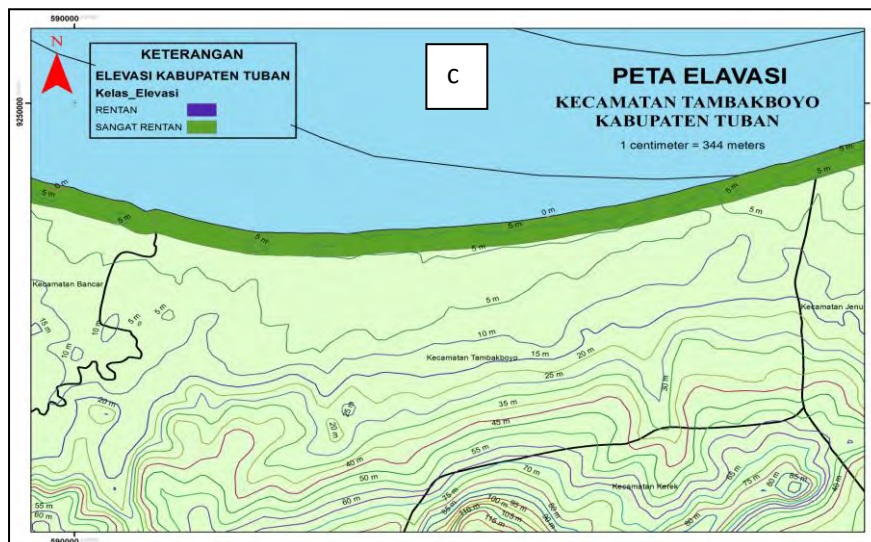
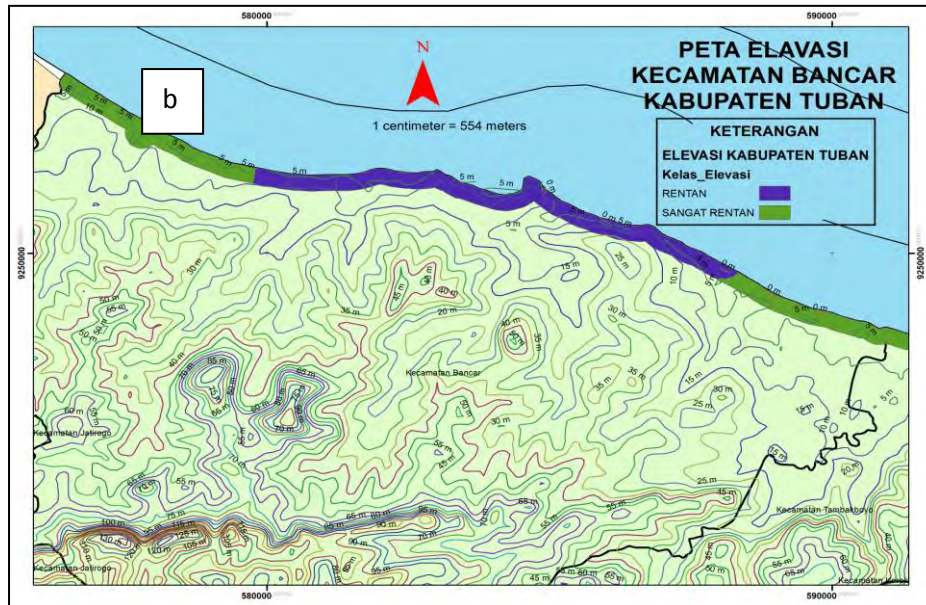


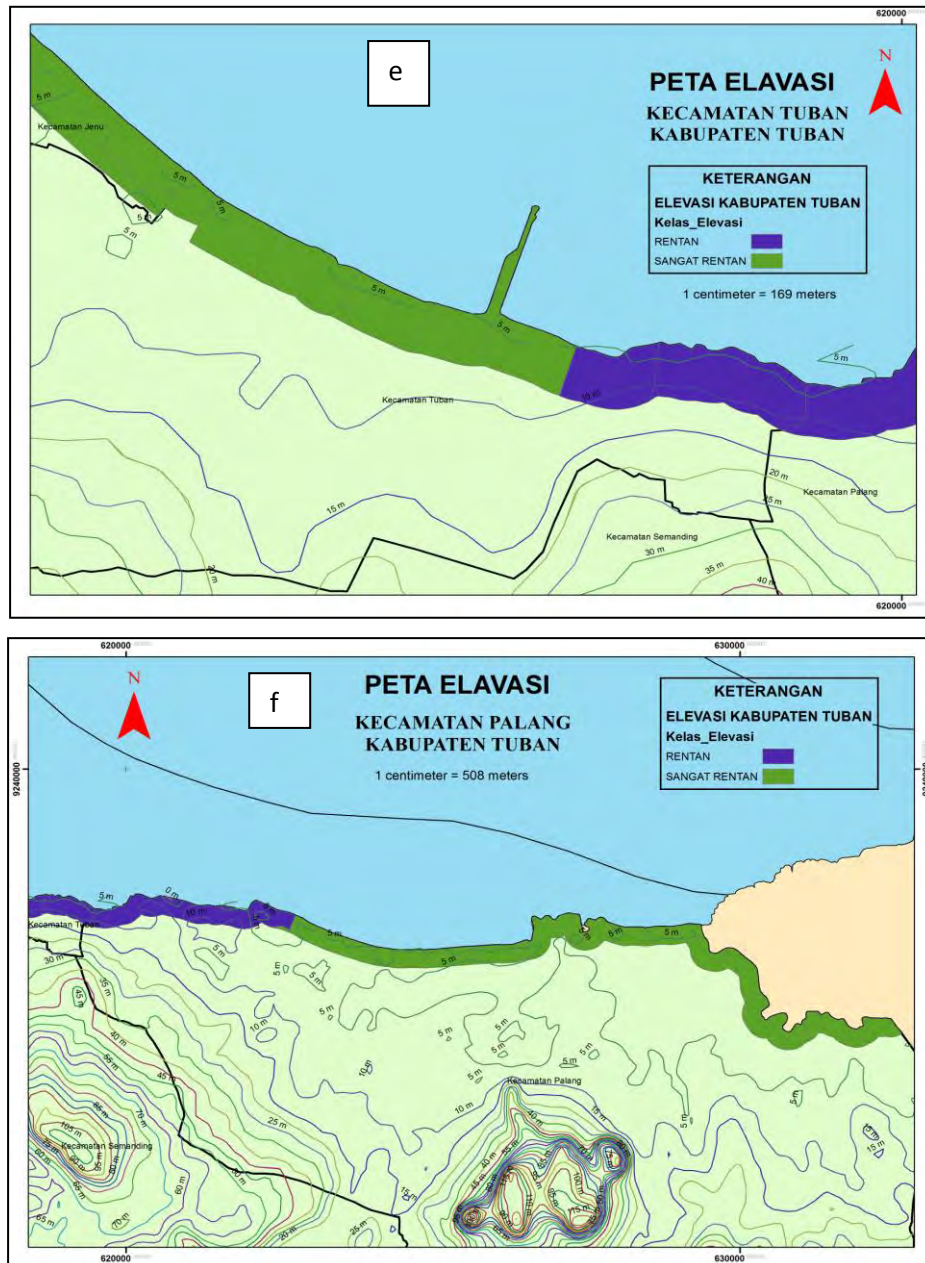
Gambar 8.2 Profil Topografi di Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban (relatif landai di bagian pantai)

Hasil klasifikasi ketinggian dari data SRTM DEM 30 m terlihat bahwa di wilayah pesisir Kabupaten Tuban berada pada kelas ketinggian 0 – 5 m dan 5.1 – 10 meter (Gambar 8.3 dan Lampiran 8.3). Dengan kondisi alamiah datar hampir landai wilayah pesisir tersebut termasuk dalam kelompok wilayah yang memiliki kelereng 0-2 atau 0-2% dengan sifat proses geomorfologi “tidak ada proses denudasi yang berarti” (Zuidam, 1985 dalam Noor, 2009). Berdasarkan rentang kelas dan pembobotan menurut Gornitz *et al.* (1997) pesisir Tuban tergolong wilayah yang sangat rentan dan rentan terhadap SLR.







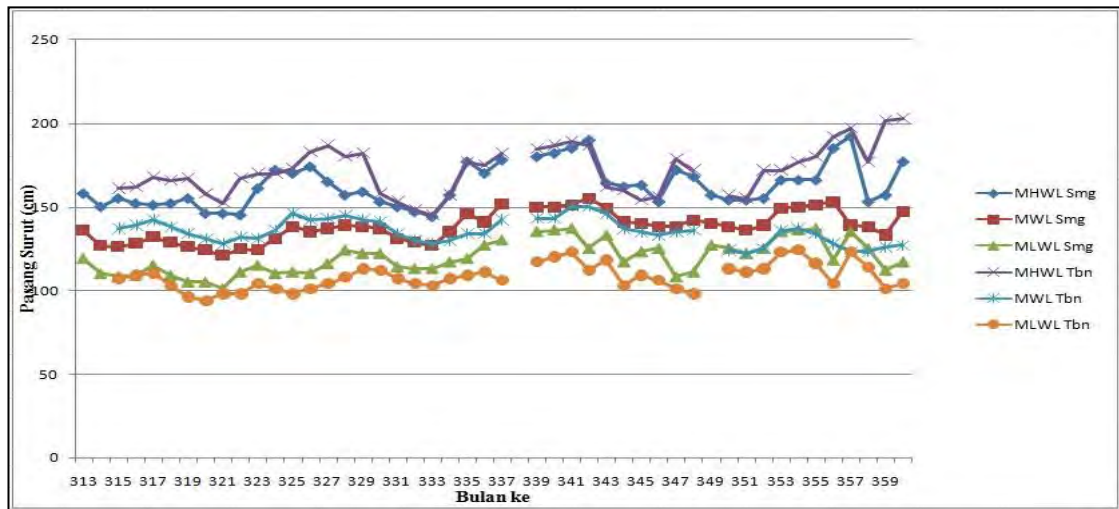


Gambar 8.3 Klasifikasi Parameter Ketinggian (Elevasi) untuk Kabupaten Tuban  
 (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

### 8.1.3 Tunggang Pasut Rata-rata

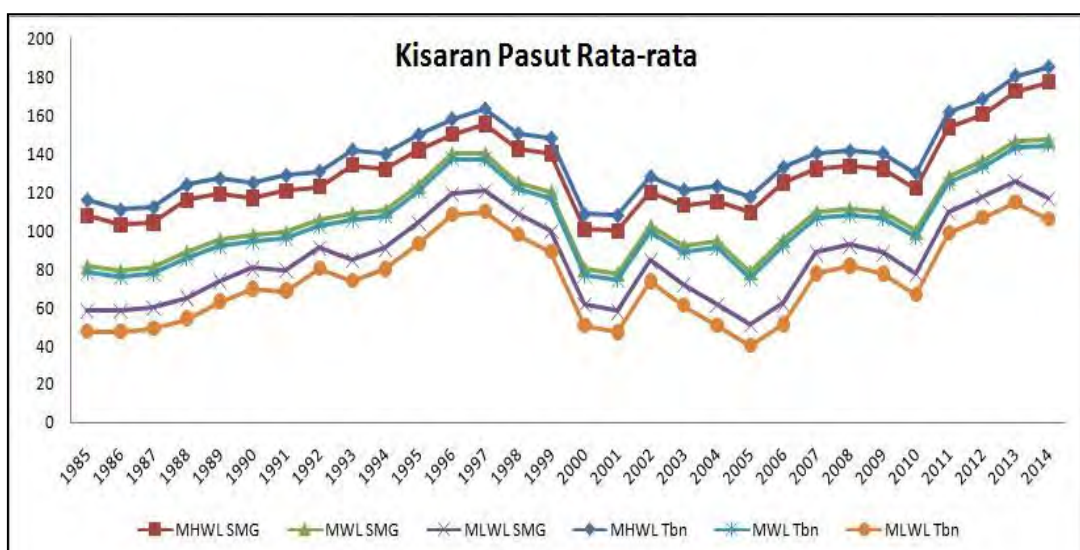
Gambar 8.4 (Lampiran 8.4) menunjukkan MWWL,MSL, dan MLWL Tuban dan Semarang dalam waktu yang sama tahun 2011-2014 diperoleh rata-rata selisih berturut-turut sebesar 8 m, 3 m dan 11 m.



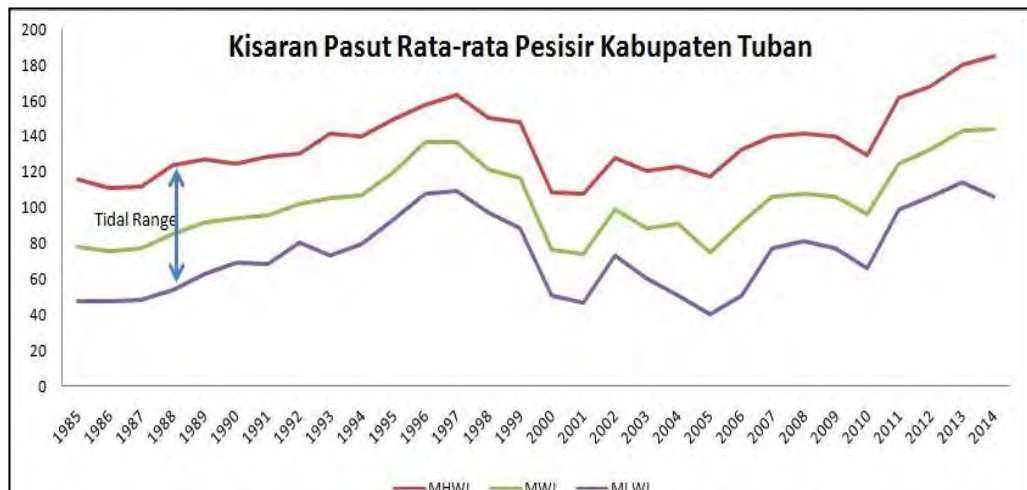


Gambar 8.4. Selisih Data Pasang Surut Kabupaten Tuban dan Semarang

Berdasarkan data selisih pasang surut yang yang diperoleh pada tahun 2011-2014 untuk Kabupaten Semarang dan Kabupaten Tuban, maka digunakan sebagai prediksi kedudukan pasang surut air laut rata-rata untuk wilayah Kabupaten Tuban, untuk memperoleh nilai tunggang pasut rata-rata (*tidal range*). Dalam penentuan CVI hanya diperlukan nilai tunggang pasut rata-rata yang mewakili lokasi kajian. Untuk mengetahui kondisi pasut di suatu perairan agar dapat diprediksi dengan akurasi yang baik diperlukan data pengukuran sedikitnya 15 hari atau 30 hari selama 18.6 tahun (Pariwono 1989). Gambar 8.5 (Lampiran 8.5) menunjukkan hasil prediksi kedudukan pasang surut air laut rata-rata untuk wilayah Tuban dan Semarang.

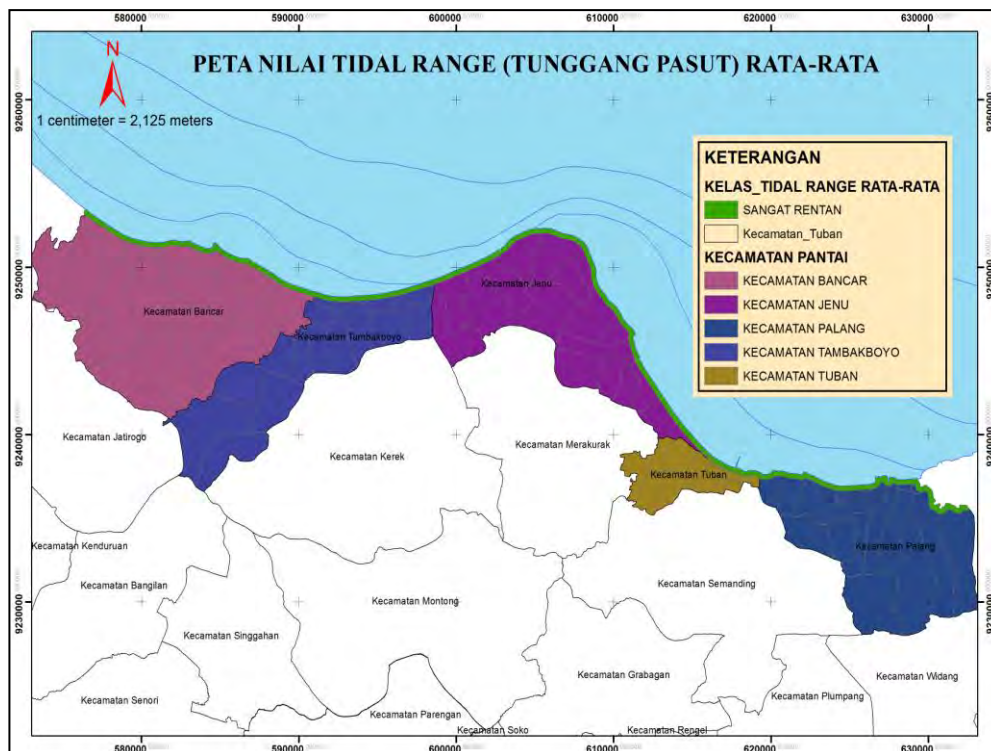


Gambar 8.5 *Tidal range* rata-rata pesisir Semarang dan Tuban



Gambar 8.6 . Kisaran Pasang Surut Rata-rata Pesisir Tuban (1985-2014)

Gambar 8.6 dan 8.7 menunjukkan bahwa tidal range rata-rata untuk pesisir Tuban yaitu 63 cm atau 0.63 m (sangat rentan)

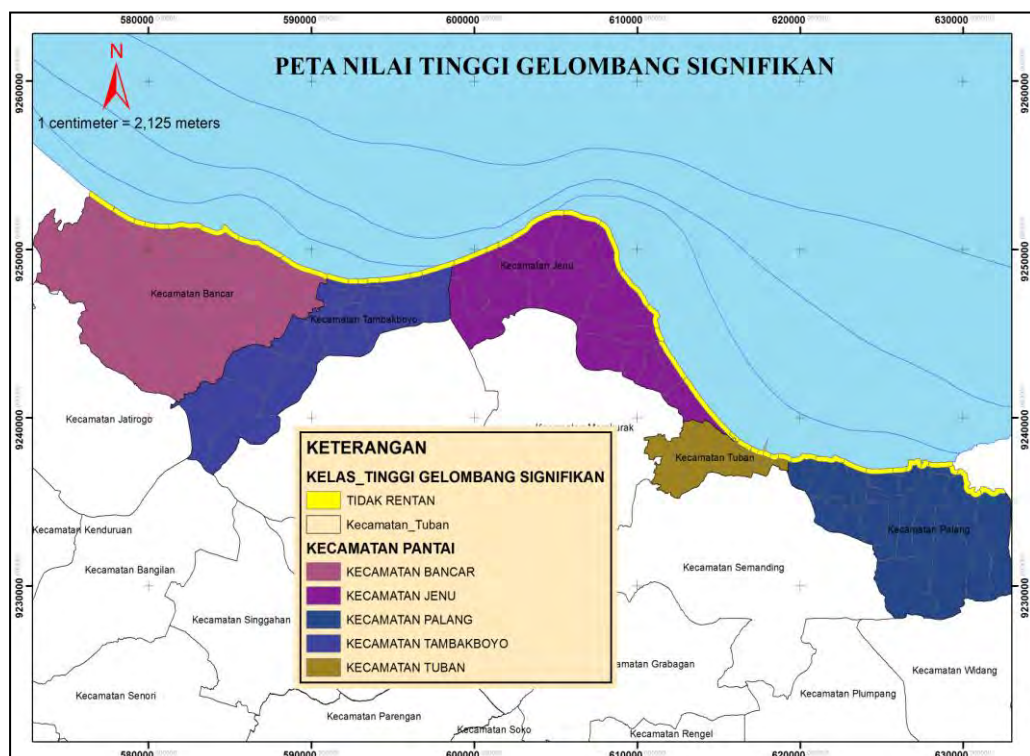


Gambar 8.7 Klasifikasi Parameter Tunggang Pasut Rata-rata untuk Kabupaten Tuban

#### 8.1.4 Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan

Tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*) adalah rata-rata tinggi gelombang (dari puncak ke lembah) dari sepertiga gelombang laut tertinggi. Dalam kerentanan pesisir, *significant wave height* menjadi suatu parameter yang berkaitan dengan bahaya penggenangan pesisir. Pemanfaatan data gelombang ini mengingat sangat kurangnya data gelombang dalam skala nasional di perairan Indonesia. Mengingat jarang sekali terdapat data pengamatan gelombang *in situ*, sehingga memerlukan data yang berasal dari satelit altimetry yang sudah diolah oleh BMKG (Sub bagian *Marine Integrated data and analysis system*/[http://202.90.199.148/ekstraksi\\_data/significant\\_wave\\_height.php](http://202.90.199.148/ekstraksi_data/significant_wave_height.php)).

Rata-rata tinggi gelombang signifikan di Kabupaten Tuban mulai tahun 2000 – 2015 sebesar 0.430 m (Lampiran 8.6), sesuai pembagian Pendleton *et al.* (2005) nilai tinggi gelombang signifikan (*significant wave height*/SWH) yang diperoleh termasuk dalam kategori tidak rentan. Gambar 8.8 menunjukkan klasifikasi parameter tinggi gelombang signifikan untuk Kabupaten Tuban

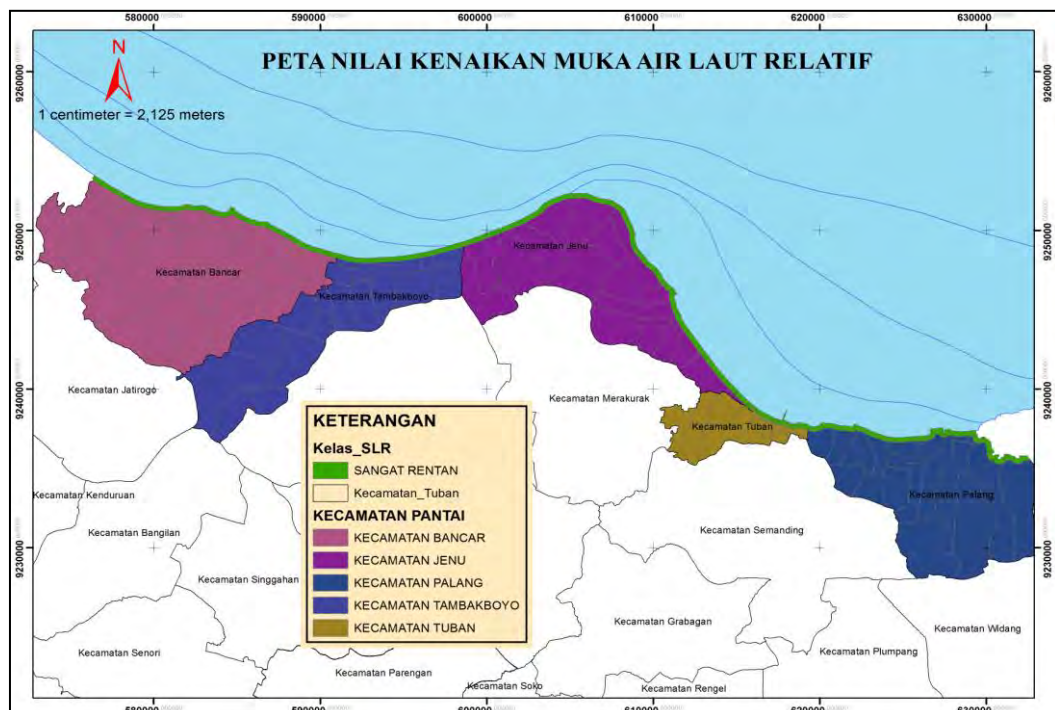


Gambar 8.8 Klasifikasi Parameter Tinggi Gelombang Signifikan Untuk Kabupaten Tuban

Tinggi gelombang dari suatu pencatatan diurutkan dari nilai tertinggi ke terendah atau sebaliknya, maka akan dapat menentukan SWH yaitu rata-rata tinggi gelombang dari sepertiga gelombang laut tertinggi (Triatmodjo, 1999). Dalam menilai kerentanan pesisir, nilai tinggi gelombang signifikan dapat mempengaruhi perubahan garis pantai dan kondisi geomorfologi suatu daerah, serta menjadi suatu parameter yang berkaitan dengan bahaya penggenangan pesisir.

### 8.1.5 Kenaikan Muka Laut Relatif

Kenaikan muka air laut relatif rata-rata diperoleh dari nilai awal dan akhir dari trend linier anomali tinggi muka laut dibagi kurun waktu data pengamatan selama tahun pengamatan. Bab V membahas kenaikan muka air laut karena permukaan iklim. Adapun *trendline* MSL Tuban menunjukkan kenaikan muka air laut per tahun adalah 0.024 m atau 24 mm/th. Menurut pembagian Pendleton *et al.* (2005) berarti sangat rentan. Hasil penilaian terhadap kenaikan muka air laut relative di lokasi penelitian seperti pada Gambar 8.9



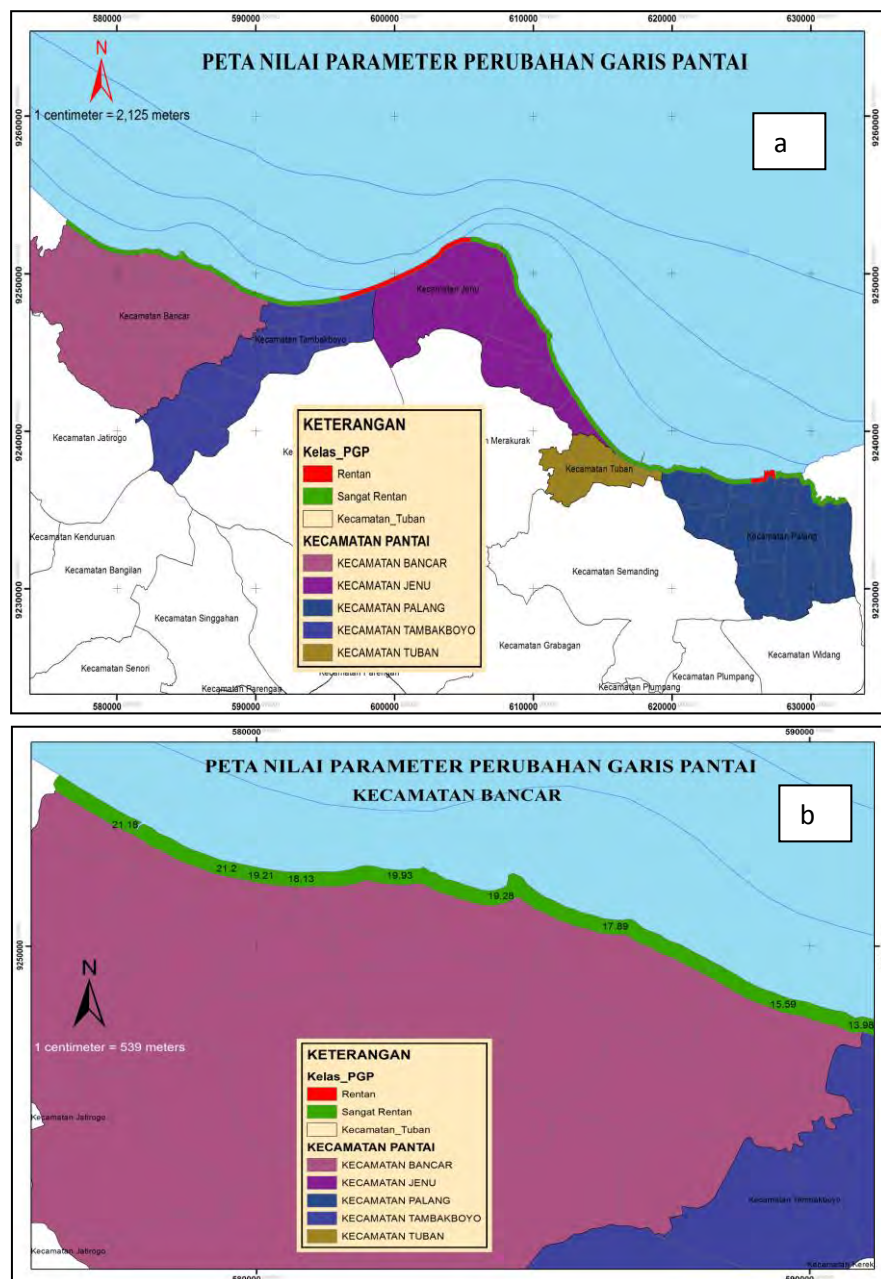
Gambar 8.9 Klasifikasi Nilai Parameter Kenaikan Muka Air Laut Relatif untuk Kabupaten Tuban

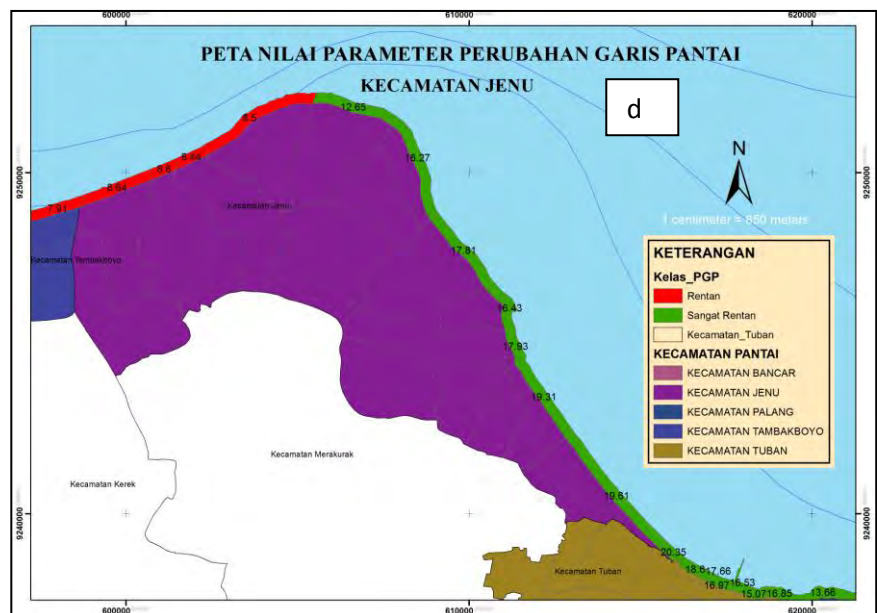


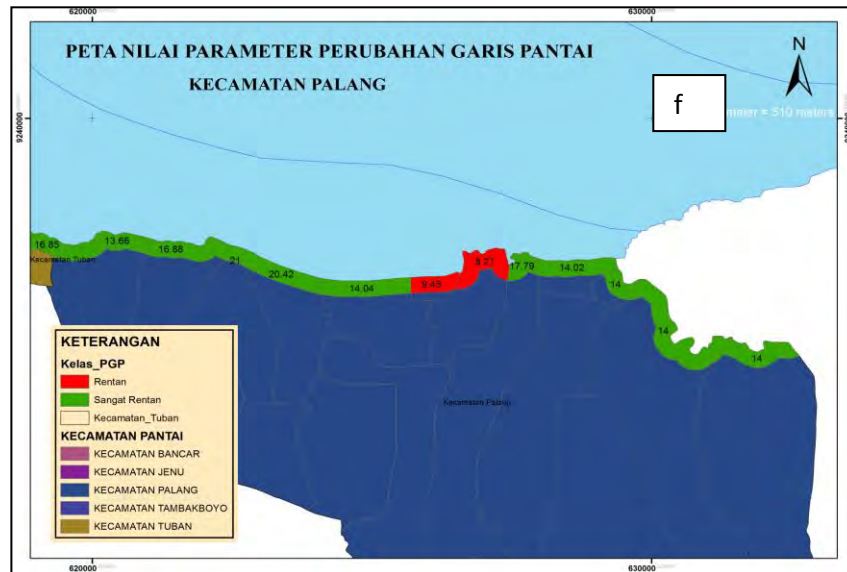
### 8.1.6 Perubahan Garis Pantai

Perubahan Garis pantai yang telah dibahas pada BAB VI, berdasarkan perhitungan DSAS bahwa perubahan garis pantai pada periode 1972-2015 (Bab VI, Tabel 6.7) sebesar -15.23 m/th (EPR) dengan perubahan terkecil 0.01 m/th dan terbesar 23.60 m/th yang semuanya menunjukkan adanya kemunduran garis pantai jika di perhatikan dari garis pantai citra tahun 1972 sampai tahun 2015. Oleh karena itu klasifikasi skor untuk parameter perubahan garis pantai meliputi 0 m/th (tidak rentan), 0-1 m/th (kurang rentan), 1-5 m/th (sedang), 5-10 m/th (rentan) dan > 10 m/th (sangat rentan) (Boruff *et al.*, 2005)

Gambar 8.10 menunjukkan klasifikasi skor untuk parameter perubahan garis pantai.







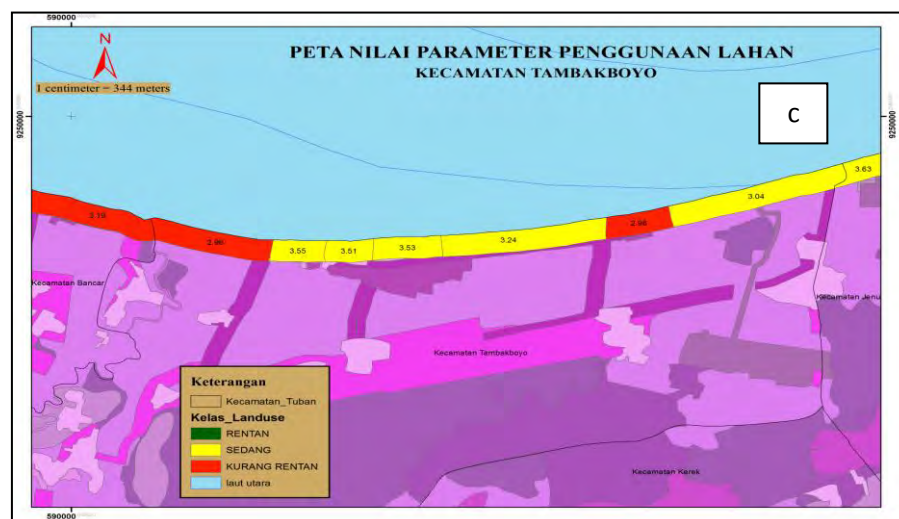
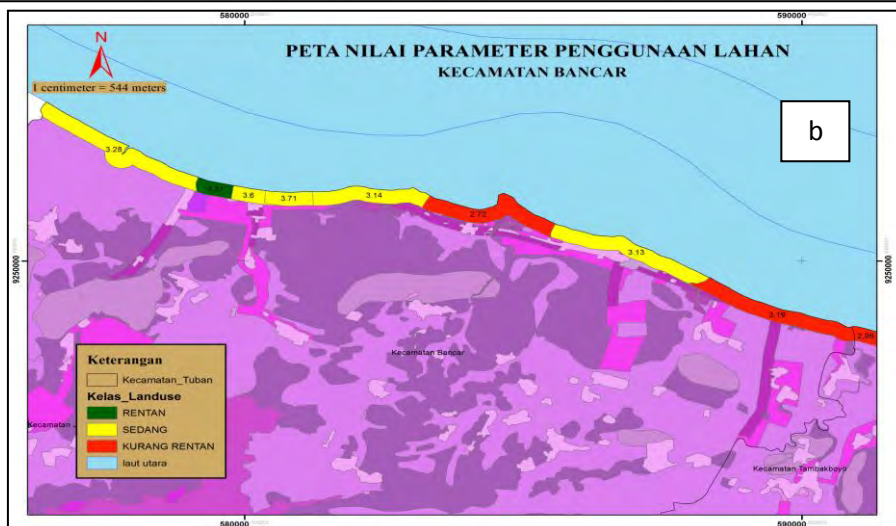
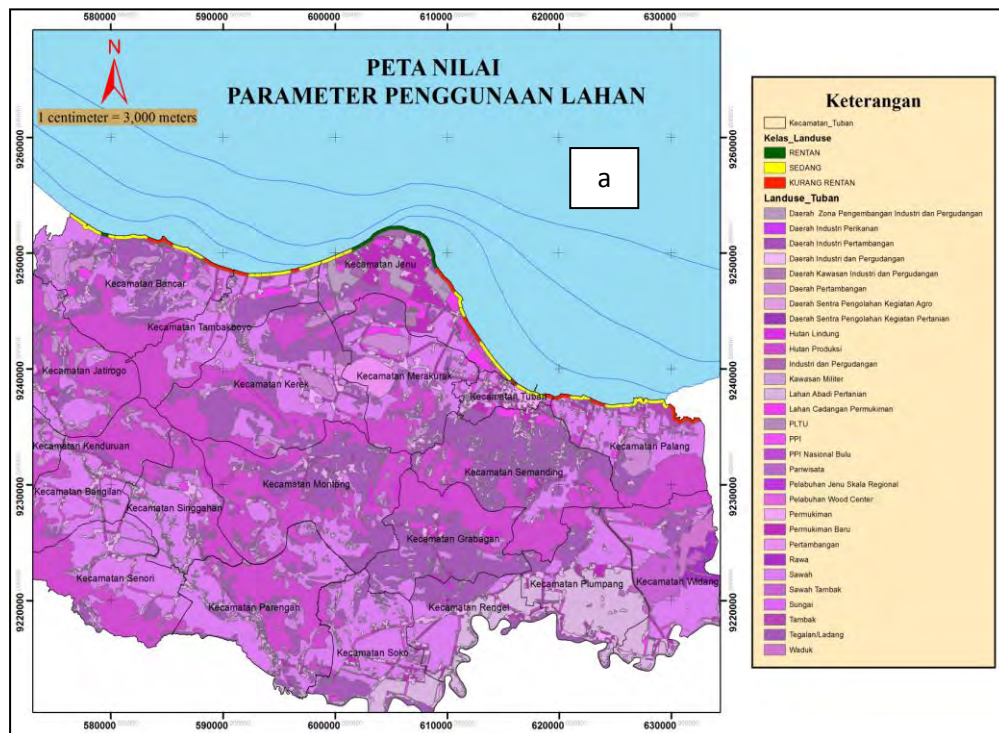
Gambar 8.10 Klasifikasi Nilai untuk Parameter Perubahan Garis Pantai untuk Kabupaten Tuban (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

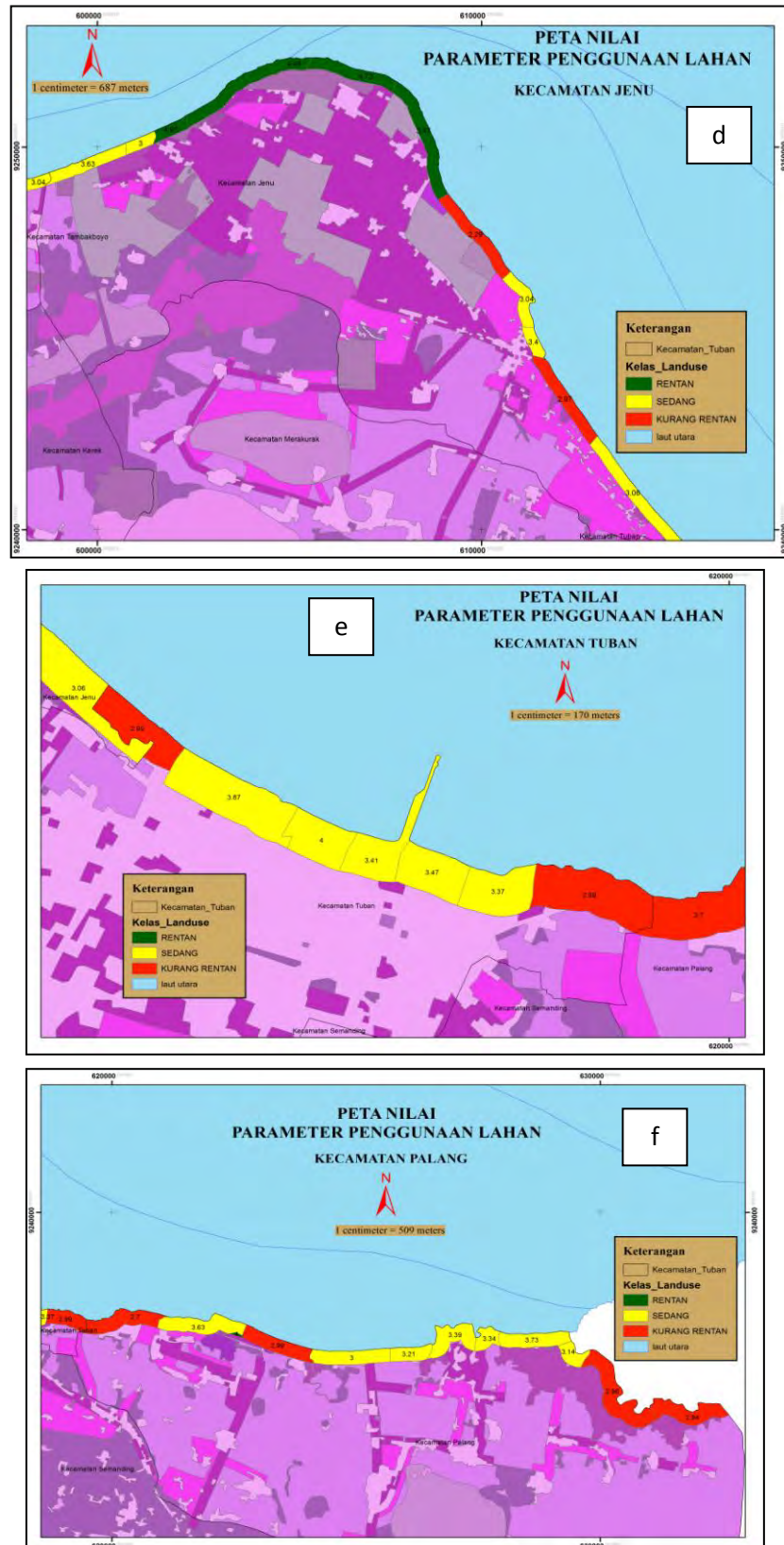
### 8.1.7 Penggunaan Lahan

Jenis penggunaan lahan yang memiliki nilai sosial dan ekonomis tinggi akan menambah kerentanan suatu wilayah jika terjadi suatu bencana. Sebelum menjadi informasi penggunaan lahan terlebih dahulu menentukan kriteria. Dalam kajian ini terbagi ke dalam 5 bentuk penggunaan lahan antara lain: (1) tegalan, hutan bakau, tanah kosong dan rawa, (2) daerah wisata domestik dan tambak tradisional, (3) persawahan dan tambak intensif, (4) pemukiman, pelabuhan, perkantoran, jalan propinsi, dan sekolah, (5) cagar budaya, daerah wisata berdevisa, industri, jalan negara dan fasilitas pertahanan negara (DKP, 2004) Hasil penilaian penggunaan lahan lokasi penelitian pada Gambar 8.11

Hasil penilaian kerentanan pantai terhadap penggunaan lahan menunjukkan bahwa di kecamatan Bancar, Palang menunjukkan kondisi rentan sampai kurang rentan, di kecamatan jenu (kurang rentan sampai sangat rentan), kecamatan Tambakboyo dan Tuban (kurang rentan sampai sedang). Hal ini menunjukkan penggunaan lahan yang tidak tepat akan meningkatkan kerentanan wilayah pesisir







Gambar 8.11 Klasifikasi Parameter (Penggunaan Lahan) Landuse untuk Kabupaten Tuban. (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

### 8.1.8 Litologi

Kondisi batuan dan sedimen di lokasi penelitian juga menambah kerentanan suatu wilayah jika terjadi suatu bencana. Dalam kajian ini terbagi ke dalam 5 kelas litologi (Bab III). Berdasarkan hasil analisa grain size pada Tabel 8.1 pantai Tuban didominasi oleh pasir halus-kasar dengan kisaran ukuran butir 0.1 - 0.6 mm

Tabel 8.1. Hasil Analisa Grain Size Lokasi Penelitian

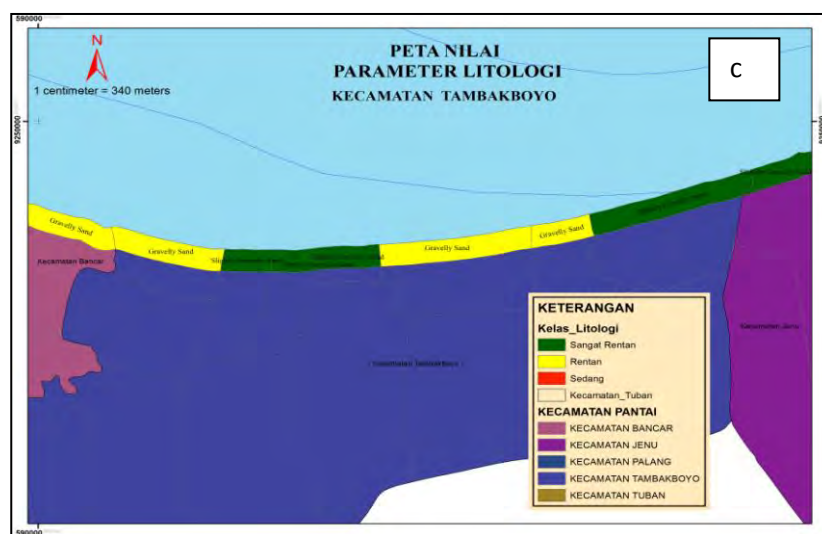
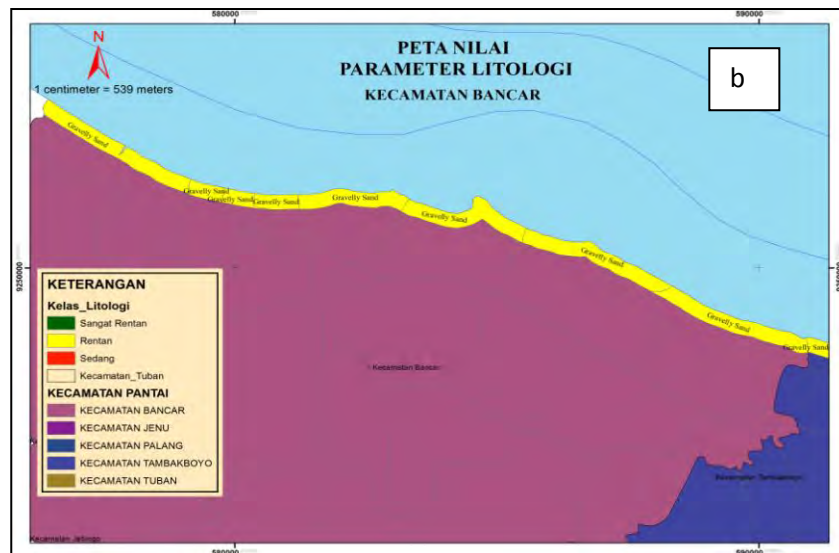
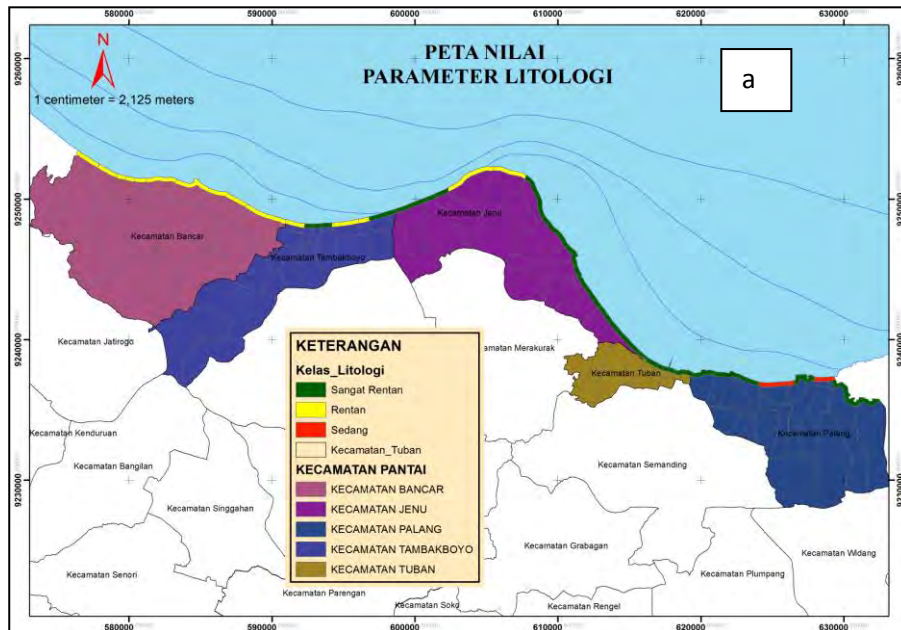
Kecamatan Pantai	Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	D50
Bancar	Bogorejo, Sukolilo	0.37 0.6
Tambakboyo	Gadon Glondong	0.58 0.38
Jenu	Purworejo Beji	0.18 0.17
Tuban	Terminal Lama Sukolilo	0.37 0.18
Palang	Panyuran Karang agung	0.38 0.58

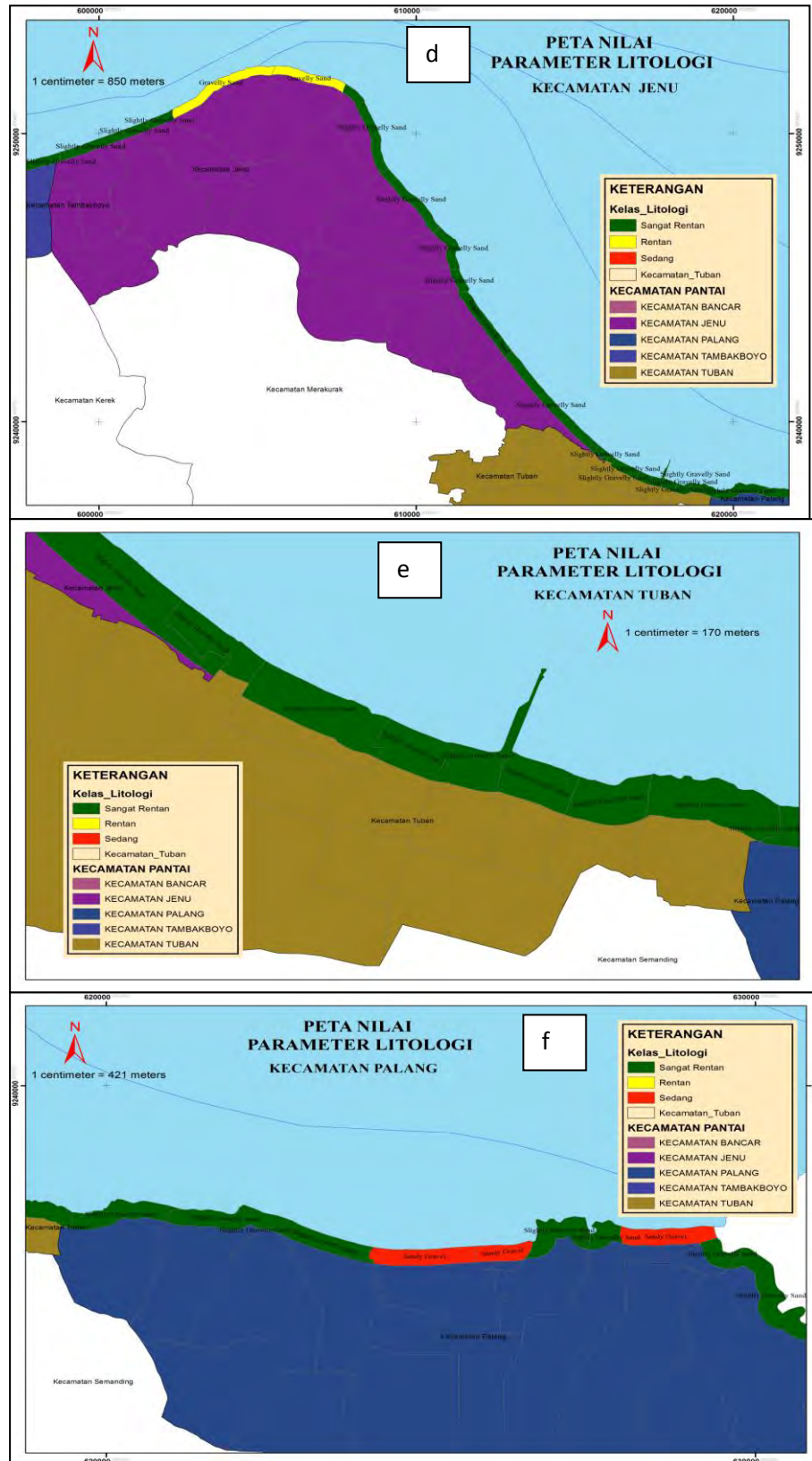
Berdasarkan pembagian kelas kerentanan Litologi (Abuodha dan Woodroffe, 2006) menunjukkan jenis sedimen (kerikil kepasiran, pasir kerikilan dan pasir lanauan) yaitu pada tingkat sedang, rentan dan sangat rentan (Gambar 8.12 dan Tabel 8.2/Lampiran 8.7). Hasil penilaian kerentanan pantai terhadap litologi menunjukkan bahwa di kecamatan Bancar (rentan), di kecamatan Jenu dan Tuban (sangat rentan), kecamatan palang (sedang dan sangat rentan) dan kecamatan Tambakboyo (rentan dan sangat rentan)

Tabel 8.2 Persentase Berat Butir Sampel Sedimen

Lokasi Pengambilan Sampel Tanah	Kerikil (%)	Pasir (%)	Lanau (%)	Lempung (%)	Jenis Sedimen
Bogorejo	21.1	75.9	3.0	0.0	Gravelly Sand
Sukolilo Bancar	12.9	86.9	0.20	0.0	Gravelly Sand
Gadon	14.3	85.5	0.15	0.0	Gravelly Sand
Glondong	1.1	98.4	0.55	0.0	Slightly Gravelly Sand
Purworejo	0.7	98.6	0.70	0.0	Slightly Gravelly Sand
Beji	5.0	90.3	4.7	0.0	Slightly Gravelly Sand
Terminal Lama	3	89.1	8.9	0.0	Slightly Gravelly Sand
Sukolilo	4.8	93.8	1.4	0.0	Slightly Gravelly Sand
Panyuran	4.7	91.0	4.3	0.0	Slightly Gravelly Sand
Karang agung	49.8	50.1	0.1	0.0	Sandy Gravel





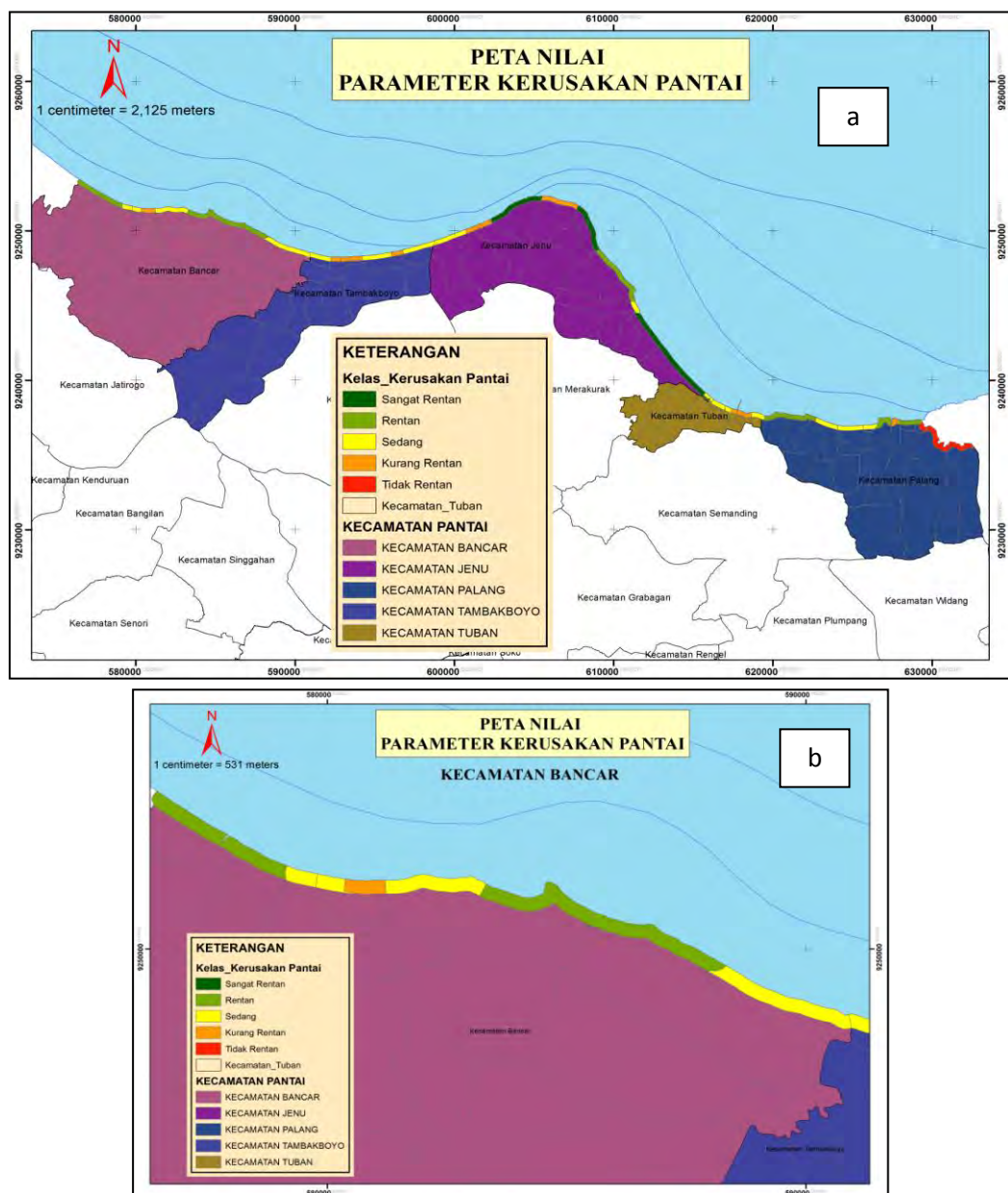


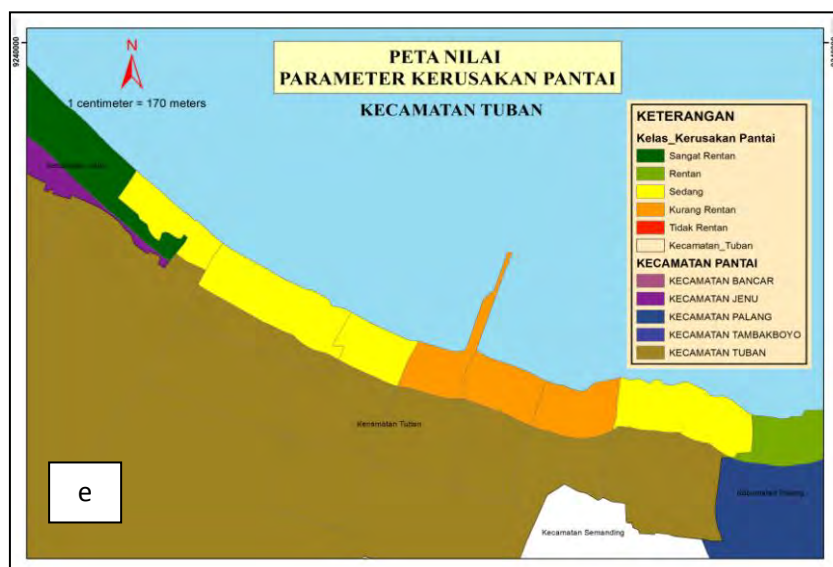
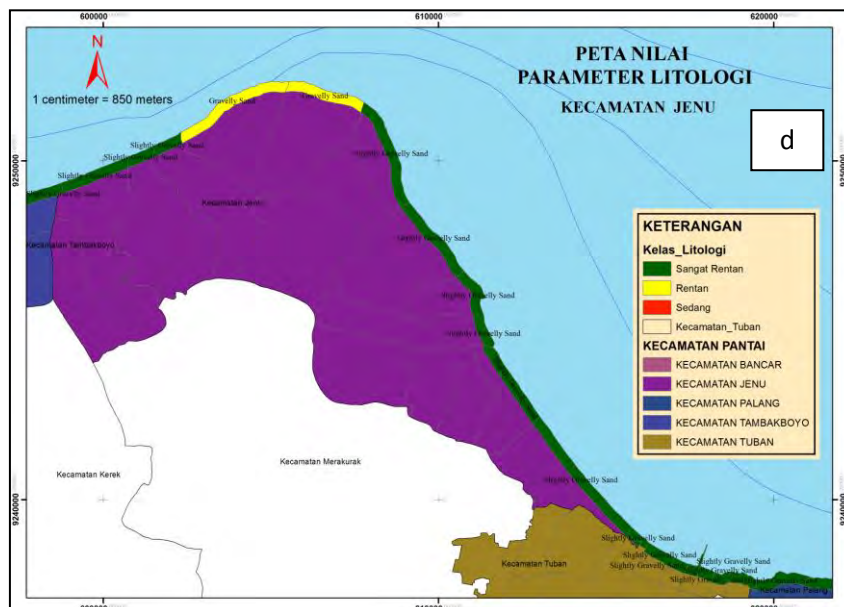
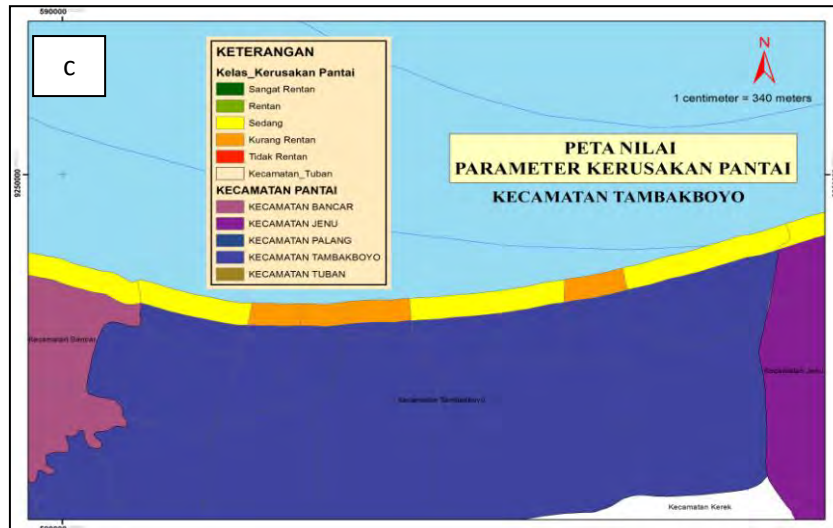
Gambar 8.12 Klasifikasi Parameter Litologi untuk Kabupaten Tuban.  
 (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

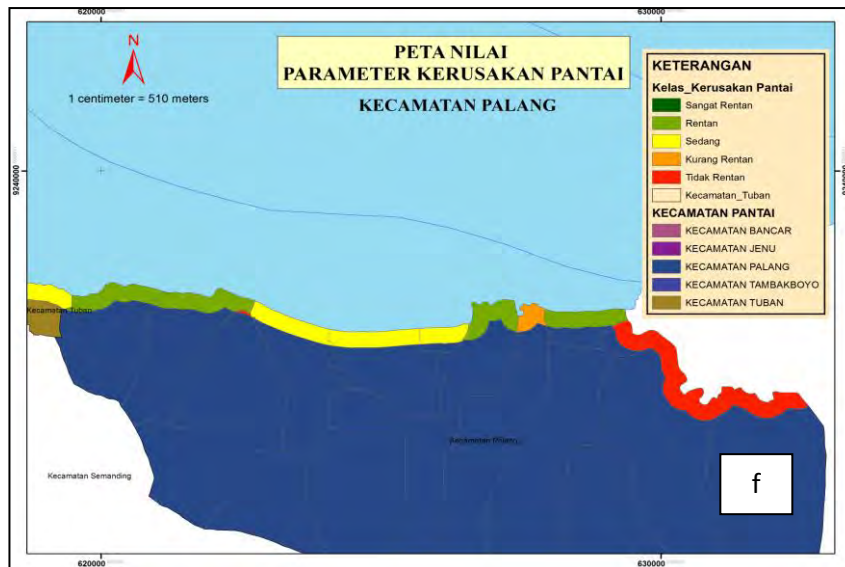


### 8.1.9 Luas Kerusakan Pantai

Kerusakan pantai yang belum dilakukan rehabilitasi atau perbaikan dan penaggulangan dapat menambah tingkat kerentanan pantai. Dalam penelitian ini dilakukan pengamatan secara visual terhadap kerusakan pantai yang terjadi di lokasi penelitian. Adapun kriteria untuk menentukan indikator tingkat kerusakan terbagi menjadi 5 kelas (Bab III). Luas kerusakan pantai yang dilakukan pengamatan secara visual terhadap lokasi penelitian (300) m dari garis pantai ditunjukkan pada Gambar 8.13.







Gambar 8.13 Klasifikasi Parameter Luas Kerusakan Pantai untuk Kabupaten Tuban (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

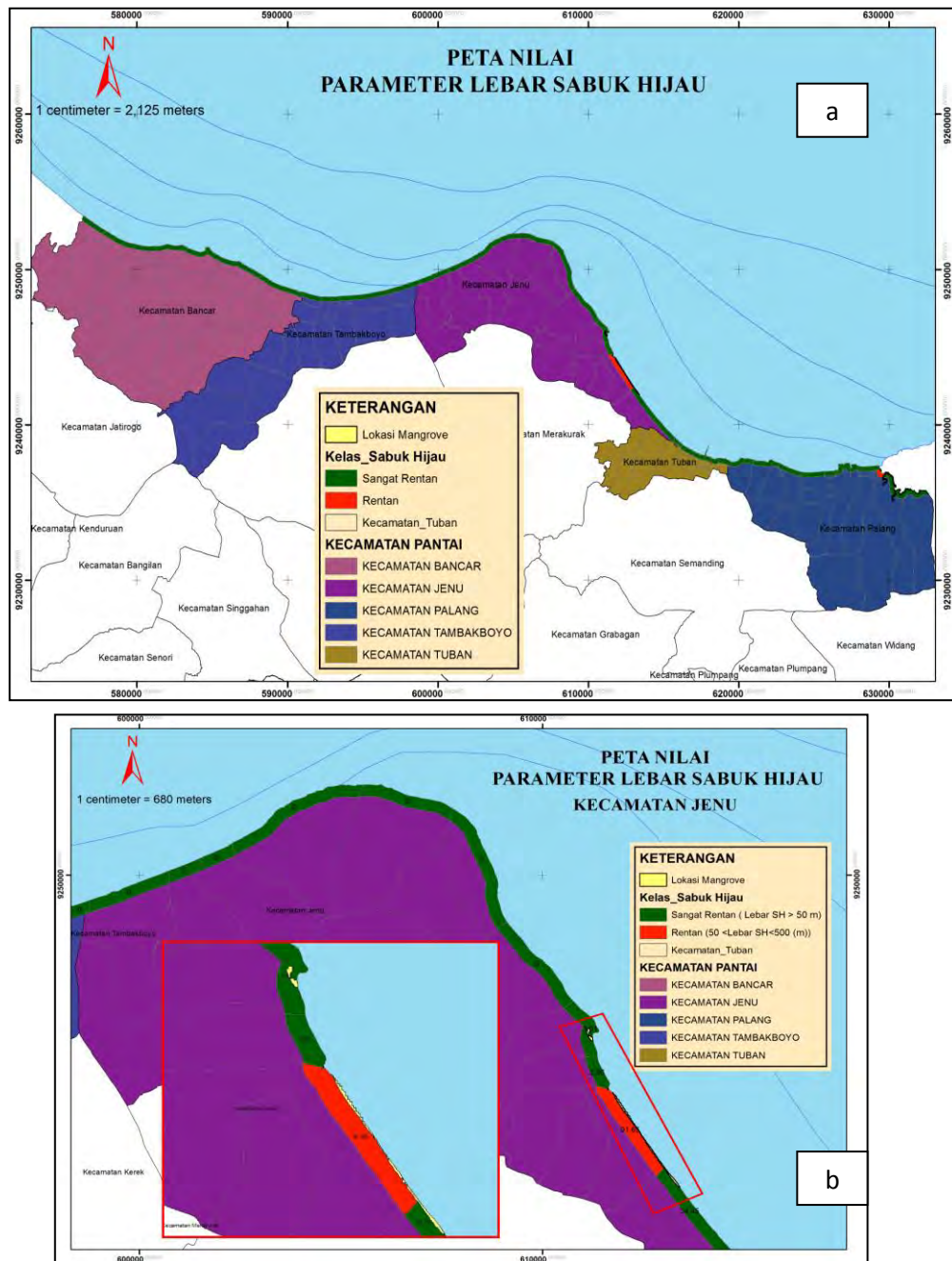
Kondisi eksisting luas kerusakan pantai yang terjadi berdasarkan hasil survey lapangan pada tahun 2015 (Lampiran 8.8 dan Gambar 8.13) menunjukkan bahwa kecamatan Bancar (kurang rentan sampai rentan), Tambakboyo (sedang dan kurang rentan), Jenu (kurang rentan sampai sangat rentan), Tuban (kurang rentan dan sedang), sedangkan Palang (tidak rentan sampai rentan)

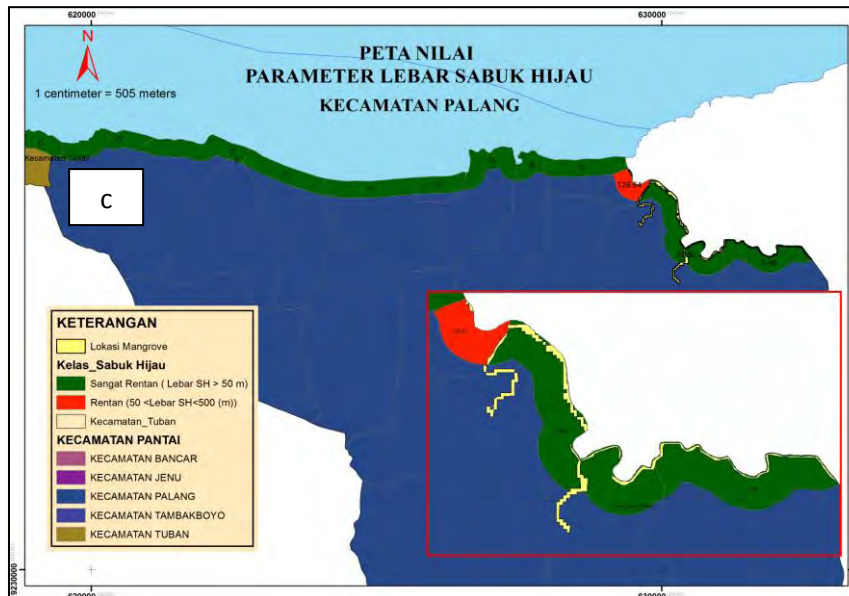
#### 8.1.10 Lebar Sabuk Hijau

Hampir seluruh kawasan pesisir di Indonesia tergolong sebagai kawasan dengan potensi bencana alam. Jenis bencana yang kerap kali dihadapi oleh mereka yang tinggal di pulau kecil dan berdekatan dengan pantai dan laut adalah gelombang pasang/abrasi dan tsunami (BNPB, 2007). Mangrove salah satu dari beberapa tipe hutan berada pada formasi terdepan dipinggir pulau menghadap laut. Bagi wilayah pesisir, keberadaan hutan mangrove, terutama sebagai jalur hijau di sepanjang pantai/muara sungai sangatlah penting untuk suplai kayu bakar, nener/ikan dan udang serta mempertahankan kualitas ekosistem pertanian, perikanan dan permukiman yang berada di belakangnya dari gangguan abrasi, intrusi dan angin laut yang kencang (Onrizal, 2002). Secara fisik masalah yang dihadapi kawasan pesisir Kabupaten Tuban adalah rusaknya ekologi pantai karena



tidak adanya vegetasi pelindung kawasan pesisir, sehingga secara umum kondisi bibir pantai mayoritas mengalami abrasi. Hasil pengamatan di lapangan bahwa di sepanjang pantai utara Tuban terutama di 5 kecamatan pantai tanaman mangrove yang tersisa sangat sedikit, Jumlah populasi mangrove kurang dari 0,5% dari total garis pantai, itupun dalam konstelasi garis tipis dengan rata-rata lebar sekitar kurang dari 50 meter, dan hampir tidak ada ekologi mangrove yang memenuhi kualifikasi untuk disebut sebagai hutan mangrove. Adapun Gambar 8.14 menunjukkan klasifikasi nilai parameter sabuk hijau di Kabupaten Tuban





Gambar 8.14 Klasifikasi Nilai Parameter Lebar Sabuk Hijau untuk Kabupaten Tuban (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Jenu, (c) Kecamatan Palang

Ekologi mangrove yang semakin tipis menunjukkan bahwa lebar sabuk hijau disepanjang pantai Tuban pada posisi sangat rentan dan rentan (Gambar 8.14). Kondisi rentan terdapat pada kecamatan Jenu dan Palang pada Gambar 8.14 ditunjukkan dengan warna merah, sedang wilayah yang lainnya berwarna hijau yang artinya sangat rentan). Kondisi seperti ini menunjukkan sangat diperlukannya memperbanyak sabuk hijau untuk dapat melindungi pantai, karena kondisi yang sekarang ada praktis tidak mampu lagi melindungi kawasan pantai dan belakang pantai dari penetrasi arus, ombak dan angin. Pada kawasan tambak budidaya pun juga jarang ditemukan pohon mangrove yang tumbuh dengan baik, sehingga ikan yang berada dalam tambak budidaya sudah sering mengalami kematian akibat dari kekurangan oksigen dan kualitas air dalam tambak budidaya yang kurang baik.

## 8.2 Analisa Parameter Kegiatan Manusia

Dampak kenaikan permukaan laut juga mempengaruhi sebagian besar wilayah pesisir meskipun tingkat kenaikan permukaan laut sangat rendah. Faktor antropogenik juga meningkatkan kerentanan wilayah pesisir terhadap kenaikan permukaan laut. Jadi untuk menilai kerentanan wilayah pesisir, tekanan antropogenik terhadap pantai harus dimasukkan dalam model penilaian kerentanan terhadap kenaikan permukaan laut. Aktivitas manusia antara lain

pembangunan pembangkit listrik tenaga air di wilayah pantai dapat menyebabkan erosi (Vorosmarty *et al.*, 2003). Pertambangan pasir di batas kontinen untuk restorasi pantai dapat menyebabkan perubahan pola gelombang refraksi dan berkonsentrasi energi gelombang di pantai dan mempercepat erosi pantai (Morton, 2002). Banyak negara telah membangun struktur pelindung pantai seperti groin, dinding-laut, pemecah gelombang dan *revetments* untuk mengendalikan erosi dan berkurangnya lahan. Namun, struktur ini sendiri menyebabkan efek yang tidak diinginkan karena dapat menyebabkan terjadinya sedimentasi di wilayah yang bedekatan (Boruff *et al.*, 2005). Urbanisasi dan peningkatan kegiatan pertanian melalui pengembangan jaringan irigasi di wilayah pesisir meningkatkan kerentanan juga. Kedua kegiatan mengkonsumsi sejumlah besar air yang akan dimanfaatkan baik dari sumber air tanah atau air permukaan. Jadi meningkatkan jumlah eksploitasi air tanah, akan meningkatkan intrusi air laut (Kapsinalis, 2005).

Kegiatan manusia dapat meningkatkan dampak negatif dari perubahan iklim terutama dampak kenaikan permukaan air laut dan dalam rangka menilai kerentanan akibat aktivitas manusia yang dapat meningkatkan dampak dari kenaikan permukaan laut ada tujuh parameter yang dikemukakan Ozyurt (2007). Namun dalam penelitian ini hanya menggunakan enam parameter dikarenakan tidak adanya data tentang regulasi DAS di lokasi penelitian. Adapun parameter tersebut adalah:

### **8.2.1 Penambangan Pasir Laut**

Penambangan pasir laut secara liar juga terjadi di kabupaten Tuban, dengan adanya penambangan pasir ini dapat mempengaruhi daerah pantai menjadi lebih rentan. Tabel 8.3 menunjukkan bahwa lokasi penambangan pasir liar di kabupaten Tuban yang dikoordinir oleh pengepul pasir laut terlihat hanya di delapan desa, yang lainnya tidak dilakukan identifikasi mengingat hanya untuk kepentingan pribadi dan skala sangat kecil atau tidak dijual. Panjang pantai yang ditambang pasir lautnya jika dibandingkan dengan panjang pantai Kabupaten Tuban ( $\pm 65$  km) sekitar 5240.21 m atau 8.48%. Jika dilihat dari panjang pantai tiap lokasi desa yang ditambang, maka tingkat kerentanan menunjukkan tingkat

sedang sampai tidak rentan, dengan menggunakan kelas kerentanan dari Özyurt, (2007)

Tabel 8.3 Lokasi Penambangan Pasir Liar di Kabupaten Tuban

No	DESA PANTAI	KECAMATAN PANTAI	PP Pantai (m)	Panjang Pantai yang ditambah (m)	% Penambangan pasir
1	Desa Bogorejo	Kecamatan Bancar	2763.94	856.25	30.98
2	Desa Boncong		2208.38	818.48	38.06
3	Desa Margosuko		2810.96	1336.13	48.53
4	Desa Gadon	Kecamatan Tambakboyo	1442.78	364.99	25.30
5	Desa Merkawang		721.31	278.84	38.66
6	Desa Glondonggede		2062.49	571.40	28.70
7	Desa Remen	Kecamatan Jenu	2370.53	658.14	28.76
8	Desa Mentoso		3345.71	536.00	16.02

Sumber : Hasil Tracking Pantai, 2015

### 8.2.2 Reklamasi Pantai

Reklamasi Pantai yang dilakukan oleh masyarakat pesisir untuk memperluas area lahan kepemilikan mereka, kecamatan Palang sebesar 3250 m<sup>2</sup>, kecamatan Jenu sebesar 434 m<sup>2</sup> dan kecamatan Bancar sebesar 1900 m<sup>2</sup>. Reklamasi lainnya di sekitar pesisir pantai Kabupaten Tuban merupakan kawasan industri antara lain: (1) pembangunan Pelabuhan Perikanan Bulu lebar 632 dan panjang 404 meter, (2) pembangunan terminal baru Tuban ± 4 ha, (3) PPI Karangagung di Kecamatan Palang dengan reklamasi seluas 5 Ha dengan peruntukan area industri pengolahan ikan, (4) Pembangunan reklamasi pelabuhan PT Semen Holcim akan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu cuseway sepanjang 115 meter, acces trestle 780 meter dan loading platform 175 meter atau total panjang sekitar 1,05 kilometer dan lebar 40 m, (5) Reklamasi PLTU Tanjung Awar-awar, Tuban, Jawa Timur atau PLTU 3 Jawa Timur seluas 80 Ha, (6) Pertamina-Rosneft menggunakan lahan perhutani seluas 340 Ha. Lahan itu berada pinggir pantai utara daerah Wadung dan Mentoso, kecamatan Jenu serta lahan reklamasi seluas 70 ha, (7) Pelabuhan PT. Semen Gresik Tuban merupakan pelabuhan khusus yang melayani kebutuhan pabrik PT. Semen Gresik di Tuban. dan reklamasi pelabuhan yang ada berupa dermaga dengan panjang 222 meter kiri kanan lebar 45 meter. dan



jembatan penghubung trestle dengan panjang 1500 meter lebar 12 meter. (8) TPPI merupakan kilang minyak yang memproduksi *paraxylene*, *aromatic*, *benzene*, dan *orthoxylene* pada lahan seluas 260 hektare dengan reklamasi pantai berupa kolam labuh dan dermaga seluas 80 ha. Untuk lebih rinci reklamasi di kabupaten Tuban dapat dilihat pada Tabel 8.4

Tabel 8.4 Luas Reklamasi Sepanjang Pesisir Kabupaten Tuban

No	Desa Pantai	Kecamatan pantai	Reklamasi	Luas Reklamasi (m <sup>2</sup> )	Penanggungjawab Reklamasi
1	Sugihwaras	Jenu	Terminal Baru Tuban	43400	Pemda Tuban
2		Jenu	Pemukiman	434	Masyarakat pesisir
3	Karangagung	Palang	PPI Karangagung	50000	DKP Pusat
4		Palang	Pemukiman	3250	Masyarakat pesisir
5	Bulumeduro	Bancar	PPI Bulu	255328	DKP Pusat
6		Bancar	Pemukiman	1900	Masyarakat pesisir
7	Merkawang	Tambakboyo	Dermaga tambat labuh dan pabrik produksi	42000	PT Holcim Indonesia
8	Wadung	Jenu	Konstruksi Pembangkit	800000	PLTU 3 Jawa Timur
9	Remen dan Tasikharjo	Jenu	Kolam labuh dan dermaga	800000	PT TPPI
10	Socorejo	Jenu	Dermaga tambat labuh	27990	PT Semen Gresik
11	Wadung dan Mentoso	Jenu	Area Kilang Minyak	700000	PT Pertamina
12	Temaji	Jenu	Dermaga tambat labuh	30000	PT Tuban Support Base
13	Kutorejo	Tuban	Dermaga Pantai Boom	9500	Pemda Tuban

*Sumber : Laporan Tahunan DKP Tuban, 2013; Laporan akhir Andal Industri terkait*

Berdasarkan data Tabel 8.4 menunjukkan bahwa reklamasi pantai yang dilakukan di kecamatan pantai bancar sebesar 19.69%, jenu 44.03%, palang 2.45%, tuban 2.37% dan tambakboyo 1.01% yang berarti kelas kerentanan di sepanjang pesisir Tuban dari tingkat tidak rentan sampai rentan

### 8.2.3 Konsumsi Air Tanah

Pada wilayah penelitian, kebutuhan air bersihnya menggunakan dua sumber yaitu sumber yang berasal dari PDAM dan sumber alam berupa sumur-sumur pribadi maupun sumur yang dikelola oleh desa. Pada daerah tertentu yang belum terlayani oleh PDAM penduduk mendapatkan air dari membeli melalui

mobil-mobil tangki air. Sementara itu untuk memasok air bersih yang berasal dari PDAM Tuban berasal dari beberapa sumber yaitu berasal sendang dan sumur bor. Jumlah sumur bor sebanyak 24 unit tersebar di beberapa daerah di Kabupaten Tuban (PDAM, 2015). Berdasarkan data tersebut menunjukkan bahwa konsumsi air tanah di wilayah pesisir kabupaten Tuban lebih 50% atau pada kondisi “sangat rentan”.

#### 8.2.4 Pola Penggunaan Lahan

Pada wilayah penelitian, pola penggunaan lahan dilihat pada jarak 300 meter dari garis pantai, dapat dilihat pada Tabel 8.5 dan Lampiran.

Tabel 8.5 Persentase Pola penggunaan Lahan Lokasi penelitian (300 m dari Pantai)

Kecamatan Pantai	Persentase Penggunaan Lahan (300 m dari pantai)				
	Kawasan Lindung	Tidak diklaim	Pemukiman	Industri	Pertanian
Palang		15.19%	39.11%	0.49%	45.21%
Tuban		18.41%	31.58%	32.64%	18.37%
Jenu		18.41%	31.58%	32.64%	18.37%
Tambakboyoy		26.10%	60.57%	5.35%	8.98%
Bancar	4.84%	19.17%	45.20%	1.13%	29.66%

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Berdasarkan pembobotan terhadap pola penggunaan lahan menunjukkan bahwa penggunaan lahan pada jarak 300 meter dari pantai menunjukkan kawasan tidak rentan sebesar 4.84%, kurang rentan 19.46%, sedang 41.61%, rentan 14.45% dan sangat rentan 23.52%

#### 8.2.5 Perlindungan Alami terhadap Degradasi

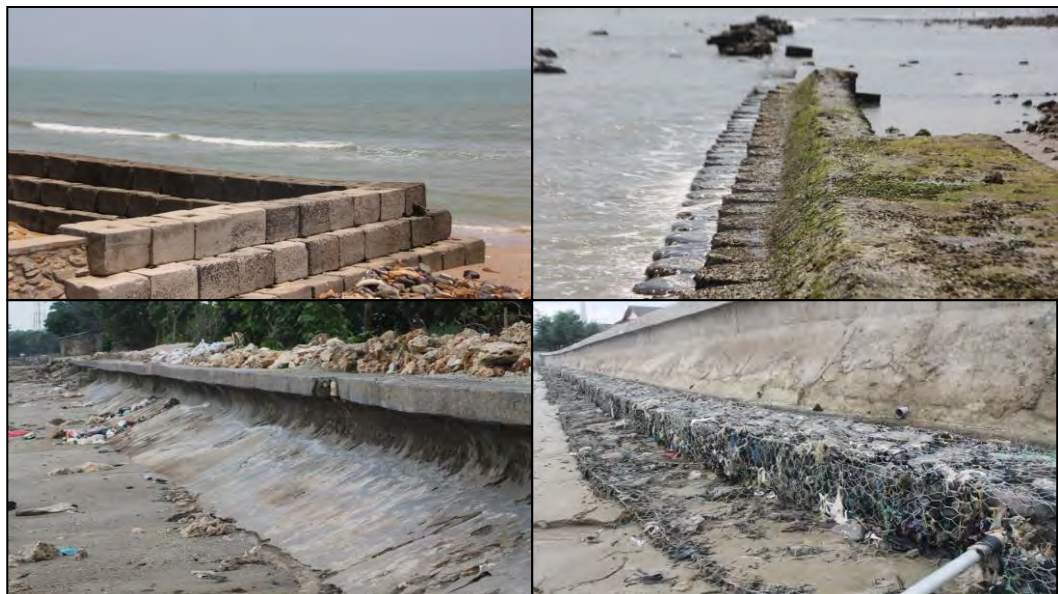
Perlindungan alami terhadap degradasi menurut Dahuri (2003) ada tidaknya habitat kunci (terumbu karang, padang lamun, dan hutan bakau). Adanya ekosistem laut tropis ini dapat menjaga kestabilan ekonomi di daerah pesisir di seluruh dunia. (Hoegh-Guldberg, *et al* 2009; Foale, *et al* 2013).

Kondisi habitat kunci di wilayah penelitian dapat dilihat pada Bab IV (Tabel 4.13, 4.14 dan Tabel 4.15) menunjukkan kondisi “rentan” dan “sangat rentan” karena kondisi yang sangat memprihatinkan

### 8.2.6 Struktur Perlindungan Pantai

Salah satu cara penanggulangan erosi pantai yaitu dengan membuat bangunan pengaman pantai (jetty, groin, breakwater, dinding pantai atau revetmen). Dengan adanya bangunan yang menjorok ataupun sejajar garis pantai, tentunya akan memberikan pengaruh terhadap bentuk garis pantai yang ada sekarang. Struktur perlindungan pantai pada lokasi penelitian oleh Pemda Tuban hanya di bangun pada desa-desa tertentu; dan mulai dibangun pada tahun 2013 setelah banyaknya rumah yang tergenang karena adanya rob dan adanya beberapa wilayah yang terkena longsor. Adapun bentuk struktur pelindung pantai di sepanjang pantai Kabupaten Tuban dapat dilihat pada Gambar 8.15

Sedangkan struktur pelindung pantai yang sudah dibangun dari tahun 2013-2015 oleh pemda tuban, ataupun oleh masyarakat yang tinggal di tepi pantai (Lampiran 8.10) pada sepanjang pantai kecamatan Bancar, Tambakboyo dan Jenu telah dibangun berupa dinding pantai berturut-turut 12,94%, 15,60% dan 25,17% dari panjang pantai yang ada. Sedangkan di sepanjang pantai kecamatan Palang dan Tuban sebagian besar dibangun oleh masyarakat pesisir sendiri berupa dinding rumah sekitar 48,57% dan 83,58%. Struktur Pelindung pantai di sepanjang Kabupaten Tuban menunjukkan pada kondisi tidak rentan sampai sangat rentan



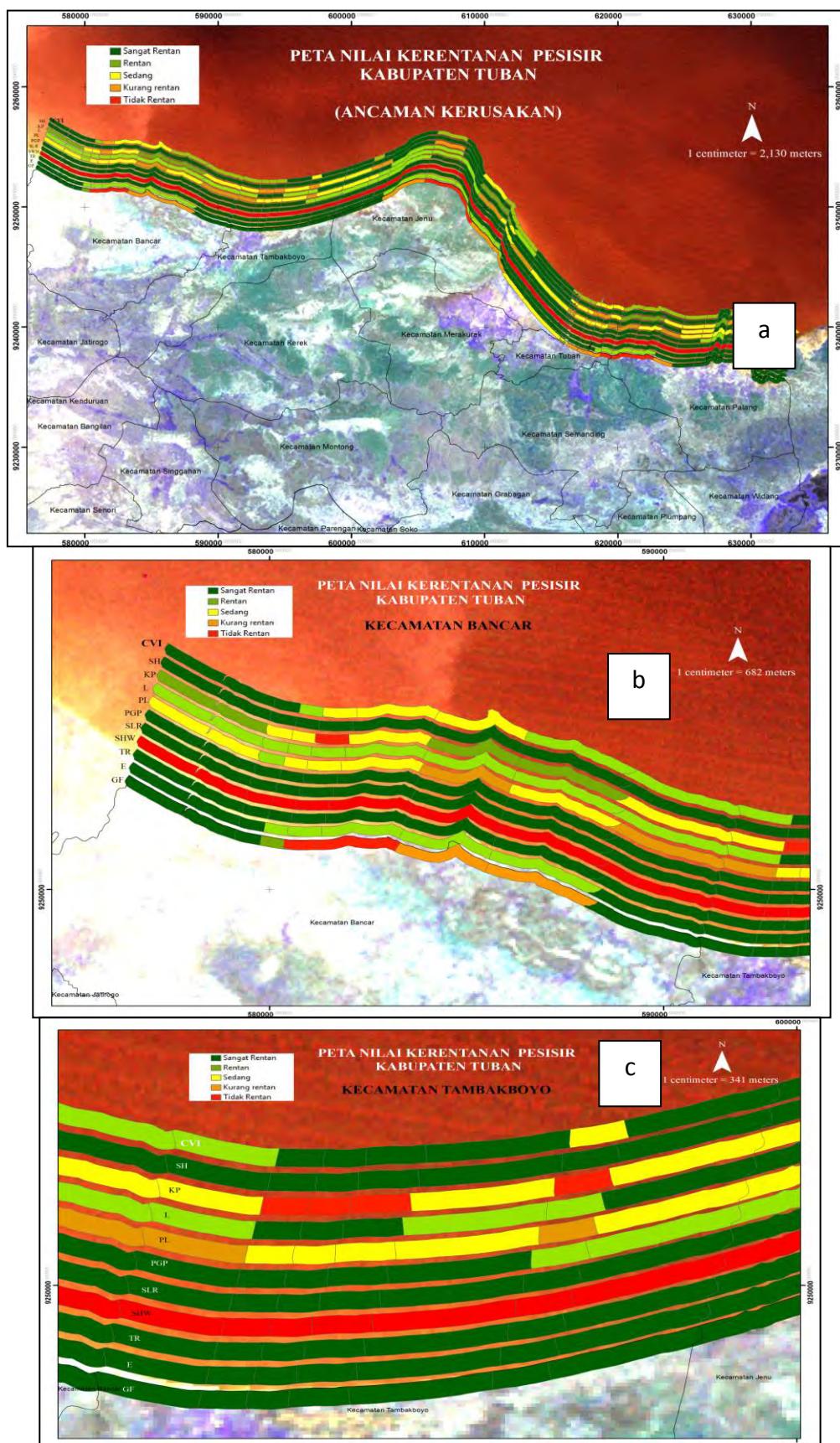


Gambar 8.15 Struktur Pelindung Pantai di Lokasi Penelitian

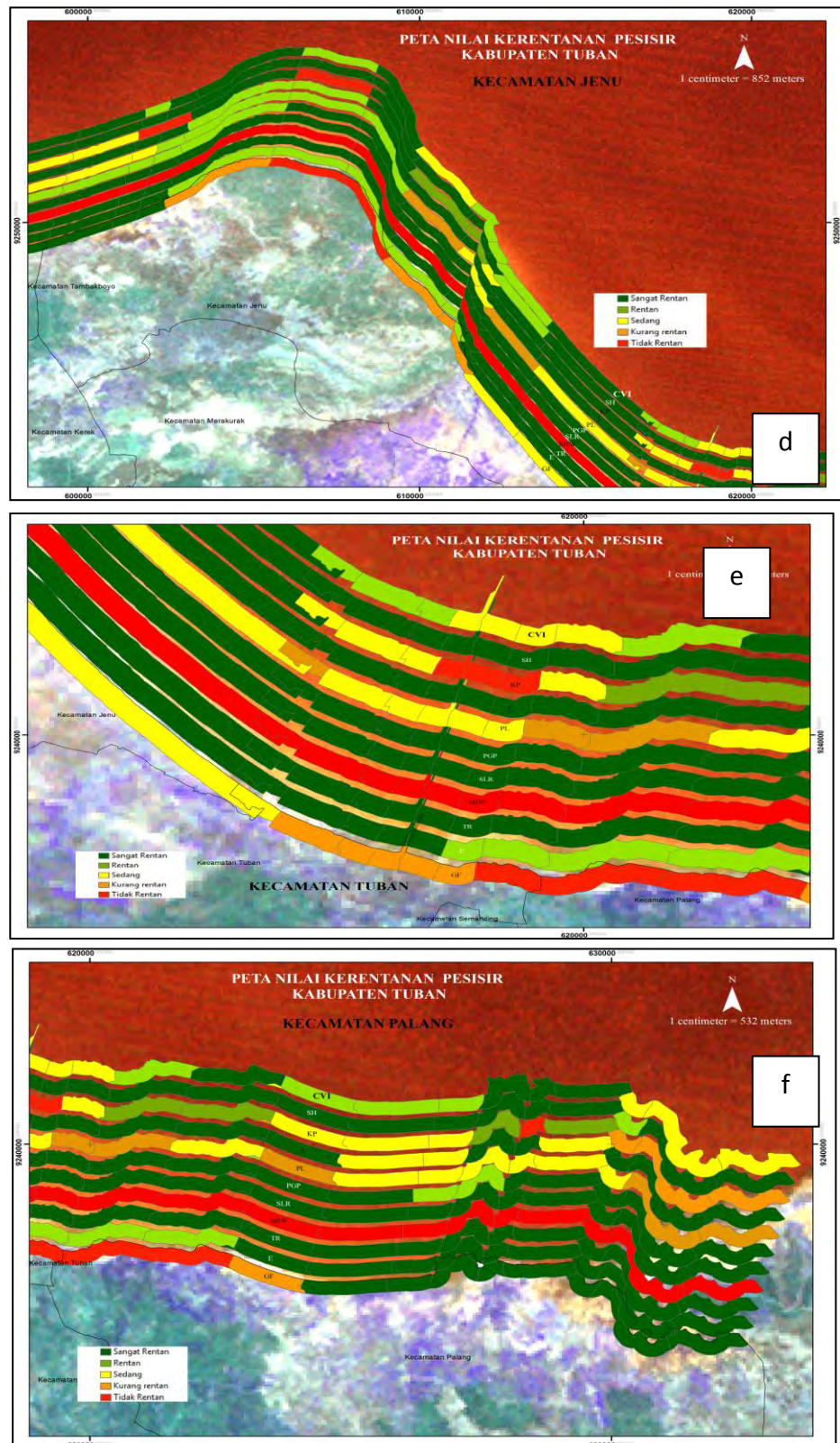
### 8.3 Penilaian Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan

Seluruh informasi spasial parameter yang telah dihasilkan selanjutnya diintegrasikan untuk dihitung nilai indeks kerentanan pantainya dan analisis dampaknya terhadap kenaikan muka air laut di setiap kecamatan pesisir. Pembobotan untuk setiap parameter dilakukan sesuai dengan nilai kisaran yang telah ditetapkan oleh Thieler and Hammar-Klose, 2000; Gornitz *et al.* 1997; Pendleton *et al.*, 2005; Boruff *et al.*, 2005; DKP, 2004; Abuodha and Woodroffe, 2006) yaitu kerentanan wilayah pantai terhadap ancaman kerusakan yang terjadi berdasarkan atas pembobotan dari 10 variabel fisik pantai, yaitu: (1). Geomorfologi pantai (*GF*), (2) Ketinggian Permukaan Tanah (Elevasi/*E*), (3) Tumpang pasut (Tidal Range) rata-rata (*TR*), (4) Tinggi Gelombang Signifikan (*SHW*) (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif (*KMR*), (6) Perubahan Garis Pantai (*PGP*), (7) Penggunaan Lahan (*PL*), (8) Litologi (*L*), (9) Luas Kerusakan Pantai (*KP*), (10) Lebar sabuk hijau (*SH*). Adapun ilustrasi terhadap ancaman kerusakan di wilayah pesisir pesisir utara Kabupaten Tuban pada Gambar 8.16. Pengelompokan kelas dilakukan dengan membaginya berdasarkan persen dengan kisaran antar kelas 20%. Nilai yang kurang dari sama dengan 20% termasuk kelas tidak rentan, 20% – 40% termasuk dalam kelas kurang rentan, 40% – 60% kelas sedang, 60% – 80% masuk dalam kelas rentan, dan lebih dari 80% masuk kelas sangat rentan.









Gambar 8.16 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban dengan 10 parameter. (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

Tabel 8. 6 Tabel Nilai CVI Pesisir Kabupaten Tuban terhadap Ancaman Kerusakan

No	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	SKOR										CVI	Tingkat Kerentanan
			GF	E	TR	SWH	SLR	PGP	PL	L	KP	SH		
1	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	3	4	5	1	5	5	3	4	4	5	190	Rentan
2	Desa Bogorejo		2	4	5	1	5	5	2	4	4	5	126	Sedang
3	Desa Bulu Meduro		2	4	5	1	5	5	3	4	2	5	110	Kurang Rentan
4	Desa Boncong		2	4	5	1	5	5	3	4	3	5	134	Sedang
5	Desa Banjarjo		4	4	5	1	5	5	3	4	3	5	190	Rentan
6	Desa Bulu Jowo		5	5	5	1	5	5	4	4	3	5	274	Sangat rentan
7	Desa Sukolilo		5	5	5	1	5	5	3	4	4	5	274	Sangat rentan
8	Desa Margosuko		5	5	5	1	5	5	2	4	3	5	194	Rentan
9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	3	5	5	1	5	5	3	5	5	5	265	Sangat rentan
10	Desa Jenu		3	5	5	1	5	5	2	5	5	4	194	Rentan
11	Desa Beji		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
12	Desa Kaliuntu		2	4	5	1	5	5	3	5	4	5	173	Rentan
13	Desa Wadung		2	4	5	1	5	5	2	5	4	5	141	Sedang
14	Desa Temaji		5	5	5	1	5	4	3	5	2	5	194	Rentan
15	Desa Purworejo		5	5	5	1	5	4	4	5	2	5	224	Sangat rentan
16	Desa Mentoso		2	4	5	1	5	5	4	5	5	5	224	Sangat rentan
17	Desa Tasikharjo		3	4	5	1	5	4	4	5	5	5	245	Sangat rentan
18	Desa Remen		3	4	5	1	5	5	4	5	2	5	173	Rentan
19	Desa Socorejo	Kecamatan Palang	5	5	5	1	5	4	3	5	3	5	237	Sangat rentan
20	Desa Gesikharjo		4	5	5	1	5	5	3	3	3	5	184	Rentan
21	Desa Palang		5	5	5	1	5	4	3	3	3	5	184	Rentan
22	Desa Pliwetan		5	5	5	1	5	5	3	5	1	4	137	Sedang
23	Desa Sumurgung		3	5	5	1	5	5	4	5	1	5	137	Sedang
24	Desa Karangagung		5	5	5	1	5	4	3	3	4	5	212	Rentan
25	Desa Kradenan		3	5	5	1	5	5	2	5	3	5	168	Rentan
26	Desa Ketambul		5	5	5	1	5	5	2	5	1	5	125	Sedang
27	Desa Cepokorejo		5	5	5	1	5	5	2	5	1	5	125	Sedang
28	Desa Leran Kulon		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
29	Desa Tasikmadu	Kecamatan Tambakboyo	3	4	5	1	5	5	3	5	4	5	212	Rentan
30	Desa Glodog		5	5	5	1	5	4	3	5	4	5	274	Sangat rentan
31	Desa Panyuran		3	4	5	1	5	5	2	5	4	5	173	Rentan
32	Desa Pabeyan		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
33	Desa Tambakboyo		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
34	Desa Kenanti		5	5	5	1	5	5	3	5	2	5	217	Rentan
35	Desa Sobontoro		5	5	5	1	5	5	3	4	3	5	237	Sangat rentan
36	Desa Merkawang		5	5	5	1	5	4	2	4	2	5	141	Sedang
37	Desa Gadon	Kecamatan Tuban	5	5	5	1	5	5	2	4	3	5	194	Rentan
38	Desa Glondonggede		5	5	5	1	5	4	3	5	3	5	237	Sangat rentan
39	Kel. Baturetno		2	4	5	1	5	5	3	5	2	5	122	Sedang
40	Kel. Sendangharjo		2	5	5	1	5	5	3	5	2	5	137	Sedang
41	Kel. Karangsari		3	5	5	1	5	5	2	5	3	5	168	Rentan
42	Kel. Sukolilo		2	4	5	1	5	5	2	5	3	5	122	Sedang
43	Kel. Sidomulyo		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
44	Kel. Kingking		2	5	5	1	5	5	3	5	3	5	168	Rentan
45	Kel. Kutorejo		2	5	5	1	5	5	3	5	2	5	137	Sedang

Sumber: Hasil Pengolahan Data



Tabel 8.6 menunjukkan nilai CVI tersebut diperoleh berdasarkan pembagian persentil, maka pantai di wilayah pesisir utara Kabupaten Tuban dikelompokkan menjadi 4 kategori kerentanan terhadap ancaman kerusakan, yaitu: kerentanan sangat tinggi (220-275), kerentanan tinggi (165-220), kerentanan sedang (110-165), dan kurang rentan (55-110)

Berdasarkan Tabel 8.6 dan Gambar 8.16 menunjukkan bahwa wilayah pesisir Kabupaten Tuban mengalami ancaman kerusakan, nilai indeks kerentanan pesisir terhadap ancaman kerusakan menunjukkan kecamatan Bancar termasuk dalam 4 kategori yaitu kurang rentan sampai sangat rentan, Kecamatan Jenu termasuk daerah yang rentan dan sangat rentan, Kecamatan Palang dan Tambakboyo pada kategori sedang sampai sangat rentan, sedangkan Tuban termasuk pada daerah sedang dan rentan. Adanya ancaman kerusakan ini apabila tidak segera ditangani dengan baik maka akan menimbulkan dampak yang lebih besar mengingat pengaruh perubahan iklim juga sangat berdampak terhadap wilayah pesisir di samping juga adanya tekanan aktivitas manusia di wilayah pesisir di kabupaten Tuban yang kemungkinan besar dapat memperbesar tingkat kerentanan pesisir. Berdasarkan data di atas akan dilanjutkan jika ancaman kerusakan tersebut karena perubahan iklim dalam hal ini SLR

#### **8.4 Penilaian Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap *Sea Level Rise* (SLR)**

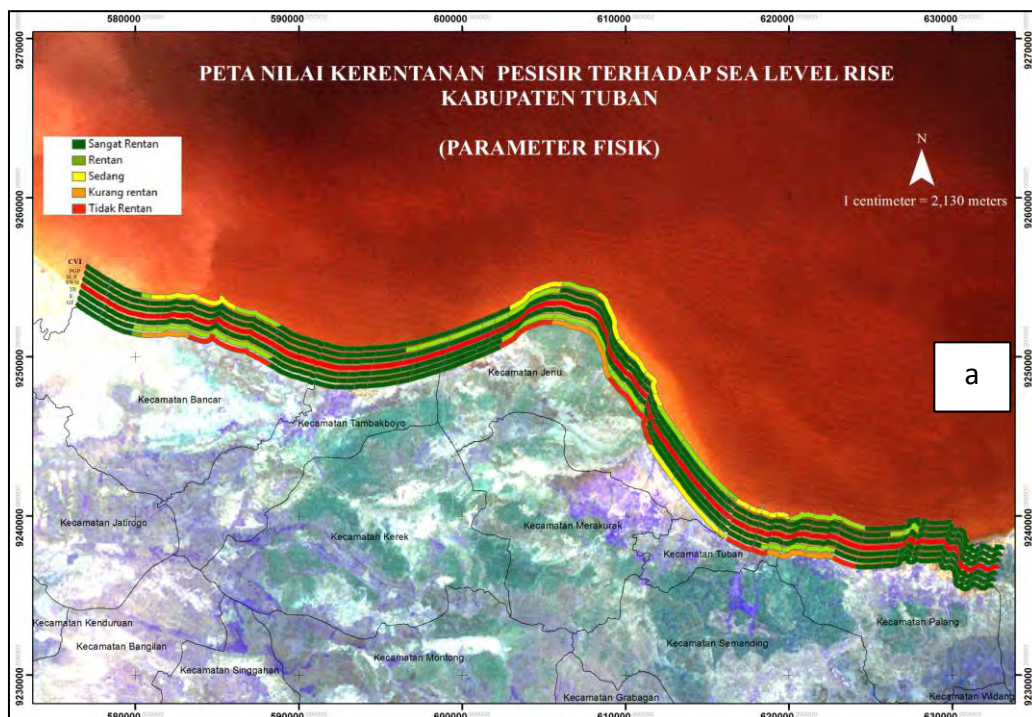
Kenaikan permukaan laut akibat pemanasan global diperkirakan mencapai 42-98 cm pada tahun 2100 (IPCC 2013) yang mengharuskan perlu adanya identifikasi dan perlindungan bagian rentan dari pantai. Untuk dapat menentukan perlindungan yang tepat diperlukan kegiatan penilaian kerentanan pesisir terhadap SLR. Özyurt (2007) dan Özyurt *et al.* (2008) mengembangkan CVI secara khusus menilai dampak yang disebabkan oleh SLR. Indeks ditentukan melalui 5 parameter yaitu: erosi pantai, banjir akibat badai, banjir permanen, intrusi air laut ke air tanah dan ke sungai. ETC CCA (2011) melakukan penilaian kerentanan pesisir terhadap kenaikan muka air laut dengan menggunakan 12 parameter fisik pantai dan 7 parameter kegiatan manusia. Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) menganalisis kerentanan wilayah pesisir dengan dua variabel yaitu *variabel geologi* (geomorfologi, elevasi/ketinggian permukaan di

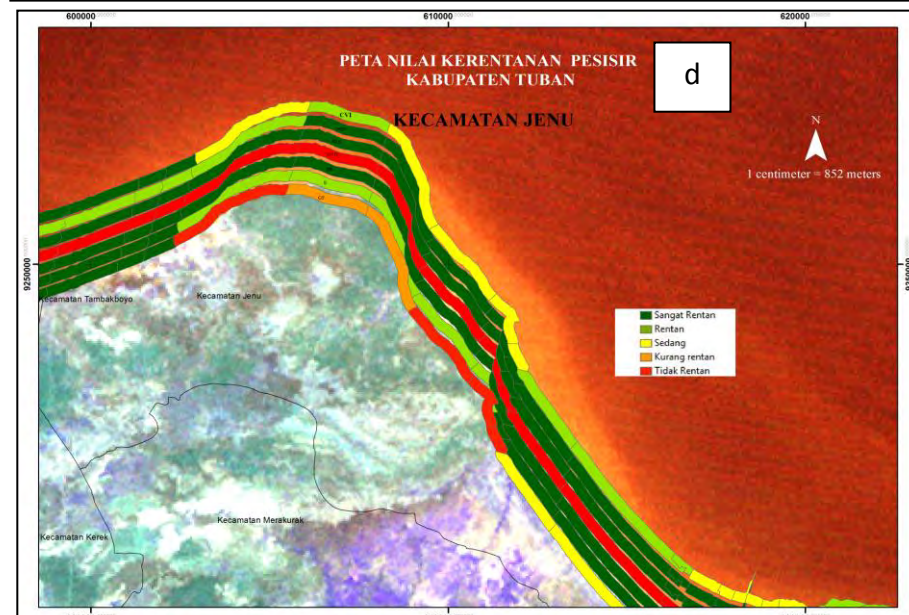
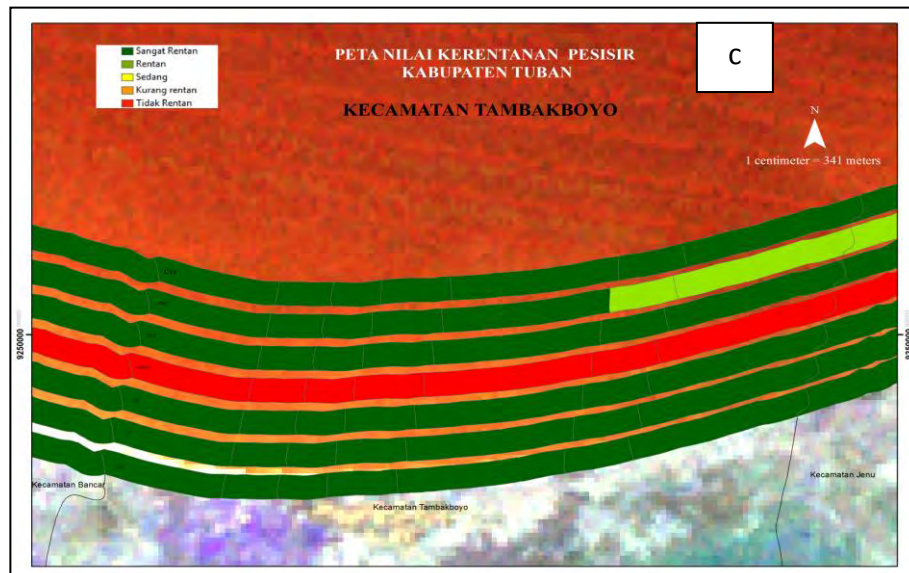
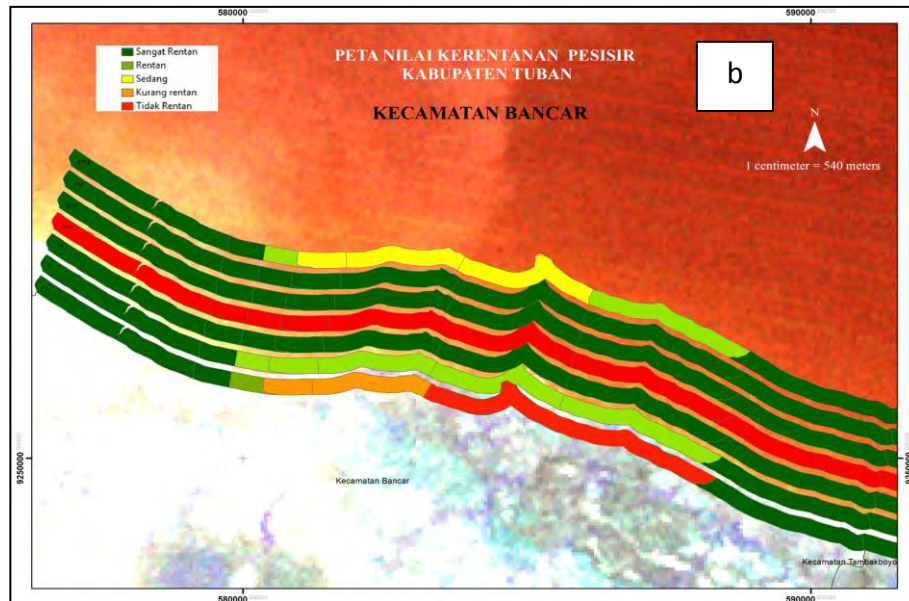
wilayah pantai dan perubahan garis pantai) dan *variabel proses fisik laut* (kenaikan muka laut relatif, rata-rata tunggang pasang surut dan tinggi gelombang signifikan). Parameter ini yang biasa digunakan sebagai analisa tingkat kerentanan terhadap sea level rise.

Penentuan CVI terhadap SLR yang digunakan dalam penelitian ini adalah modifikasi dari Pendleton *et al.* (2005) dan Gornitz *et al.* (1997) dan Özyurt, (2007). Parameter fisik terdiri dari 6 parameter yaitu (1). Geomorfologi pantai (*GF*), (2) Ketinggian Permukaan Tanah (*Elevasi/E*), (3) Tunggang pasut (Tidal Range) rata-rata (*TR*), (4) Tinggi Gelombang Signifikan (*SHW*) (5) Kenaikan Muka Air Laut Relatif (*KMR*), (6) Perubahan Garis Pantai (*PGP*) dan 6 parameter kegiatan manusia yaitu meliputi (1) Penambangan Pasir (*PP*), (2) Reklamasi Pantai (*RP*), (3) Konsumsi Air Tanah (*AT*), (4) Pola Penggunaan Lahan (*PL*), (5) Perlindungan alam terhadap degradasi (*PA*), (6) Struktur pelindung pantai (*SP*). Parameter tentang aturan pada daerah aliran Sungai (Özyurt, 2007) tidak digunakan.

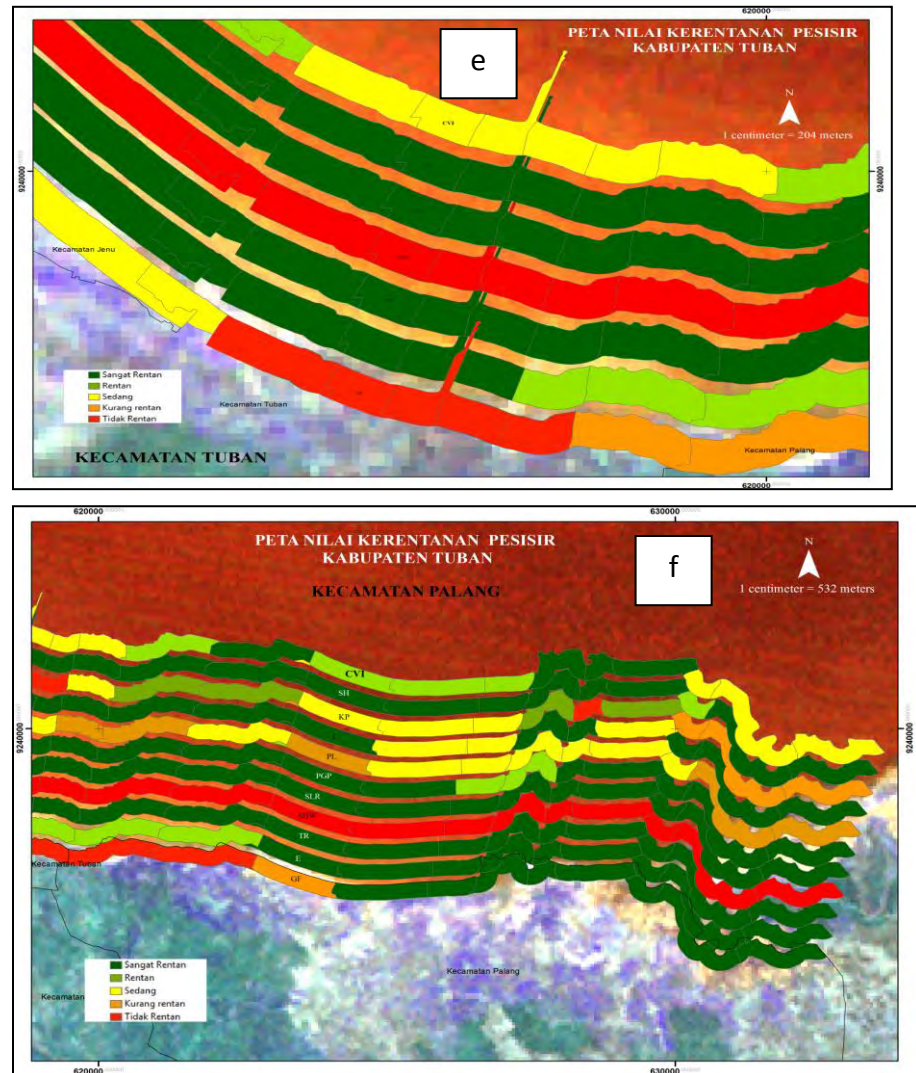
#### 8.4.1 Nilai CVI Parameter Fisik

Tabel 8.7 dan Gambar 8.17 menunjukkan penilaian kerentanan pantai wilayah pesisir Kabupaten Tuban terhadap sea level rise dengan parameter fisik.









Gambar 8.17 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap *Sea Level Rise* (Parameter Fisik). (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

Berdasarkan Tabel 8. 7 dan Gambar 8.17. pengelompokan atau kisaran nilai CVI dengan parameter fisik, kecamatan bancar dan jenu berada pada tingkat kerentanan “sedang” hingga “sangat rentan”. Kecamatan Tambakboyo berada di tingkatan “sangat rentan” pada semua desa pantai , sedangkan Kecamatan tuban pada tingkatan” rentan” dan “sedang “ dan palang pada tingkatan “rentan” dan “sangat rentan”.

Tabel 8.7 Nilai CVI Parameter Fisik Pesisir Kabupaten Tuban terhadap *Sea Level Rise*/SLR

No	FID_Desa_P	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	SKOR						CVI	Tingkat Kerentanan
				GF	E	TR	SWH	SLR	PGP		
1	19	Bancar	Kecamatan Bancar	3	4	5	1	5	5	15.81	Rentan
2	21	Bogorejo		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
3	22	Bulu Meduro		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
4	23	Boncong		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
5	24	Banjarjo		4	4	5	1	5	5	18.26	Rentan
6	26	Bulu Jowo		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
7	29	Sukolilo		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
8	42	Margosuko		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
9	9	Sugihwaras	Kecamatan Jenu	3	5	5	1	5	5	18.68	Rentan
10	10	Jenu		3	5	5	1	5	5	18.68	Rentan
11	11	Beji		2	5	5	1	5	5	14.43	Sedang
12	12	Kaliuntu		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
13	17	Wadung		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
14	18	Temaji		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
15	20	Purworejo		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
16	25	Mentoso		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
17	27	Tasikharjo		3	4	5	1	5	4	14.14	Sedang
18	28	Remen		3	4	5	1	5	5	15.81	Rentan
19	44	Socorejo	Kecamatan Palang	5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
20	0	Gesikharjo		4	5	5	1	5	5	20.41	Sangat rentan
21	1	Palang		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
22	2	Pliwetan		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
23	3	Sumurgung		3	5	5	1	5	5	18.68	Rentan
24	4	Karangagung		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
25	5	Kradenan		3	5	5	1	5	5	18.68	Rentan
26	31	Ketambul		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
27	32	Cepokorejo		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
28	34	Leran Kulon		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
29	37	Tasikmadu		3	4	5	1	5	5	15.81	Rentan
30	38	Glodog		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
31	39	Panyuran	Kecamatan Tambakboy	3	4	5	1	5	5	15.81	Rentan
32	13	Pabeyan		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
33	14	Tambakboy		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
34	15	Kenanti		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
35	16	Sobontoro		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
36	35	Merkawang		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
37	41	Gadon		5	5	5	1	5	5	22.82	Sangat rentan
38	43	Glondonggede		5	5	5	1	5	4	20.41	Sangat rentan
39	6	Baturetno	Kecamatan Tuban	2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
40	7	Sendangharjo		2	5	5	1	5	5	14.43	Sedang
41	8	Karangsari		3	5	5	1	5	5	18.68	Rentan
42	30	Sukolilo		2	4	5	1	5	5	12.91	Sedang
43	33	Sidomulyo		2	5	5	1	5	5	14.43	Sedang
44	36	Kingking		2	5	5	1	5	5	14.43	Sedang
45	40	Kutorejo		2	5	5	1	5	5	14.43	Sedang

Sumber: Hasil Pengolahan Data

#### 8.4.2 Nilai CVI Parameter Kegiatan Manusia

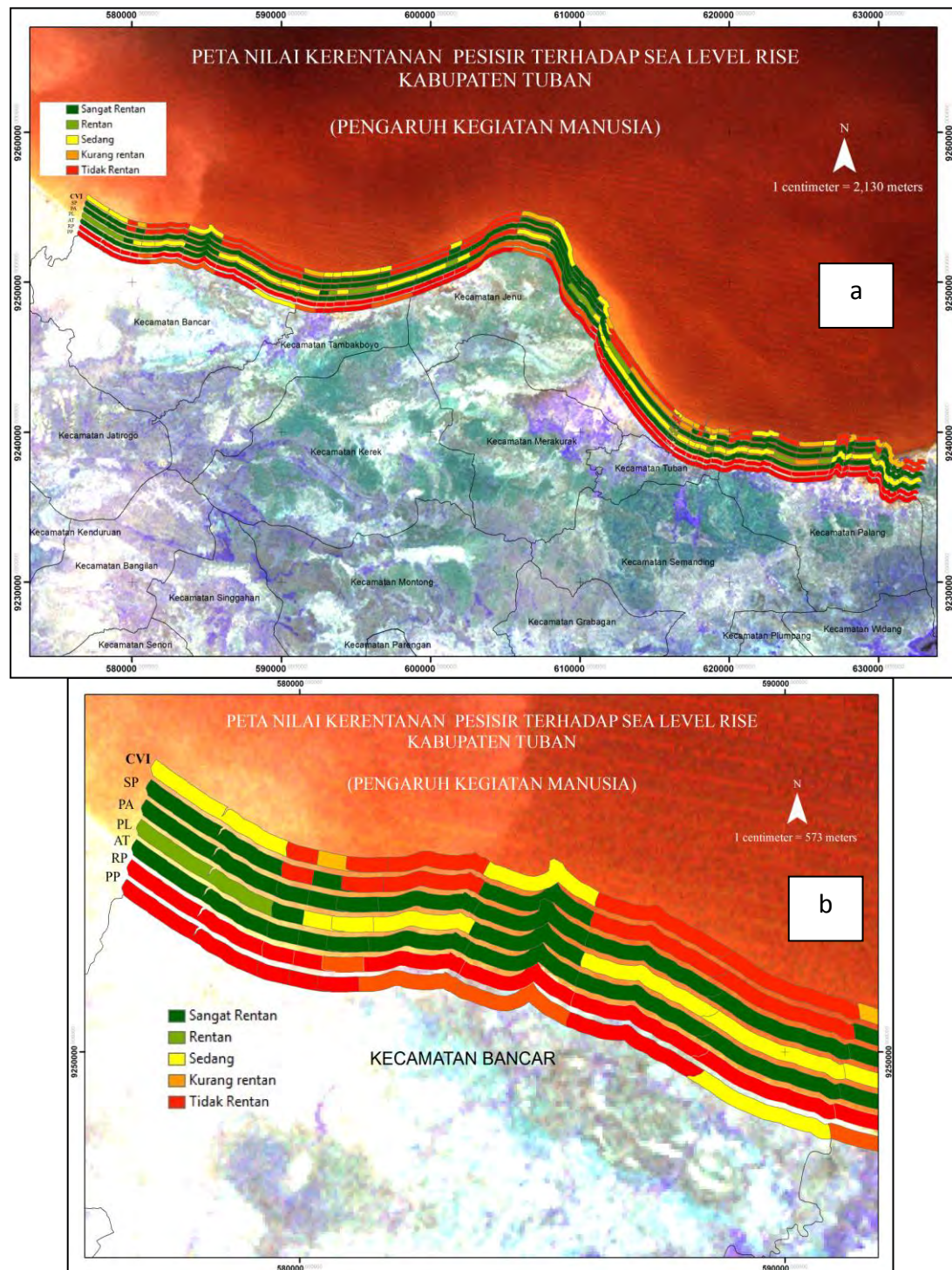
Tabel 8.8 dan Gambar 8.18 menunjukkan penilaian kerentanan pantai wilayah pesisir Kabupaten Tuban terhadap SLR dengan parameter kegiatan manusia

Tabel 8.8 Nilai CVI Parameter Kegiatan Masyarakat di Pesisir Kabupaten Tuban terhadap *Sea Level Rise*/SLR

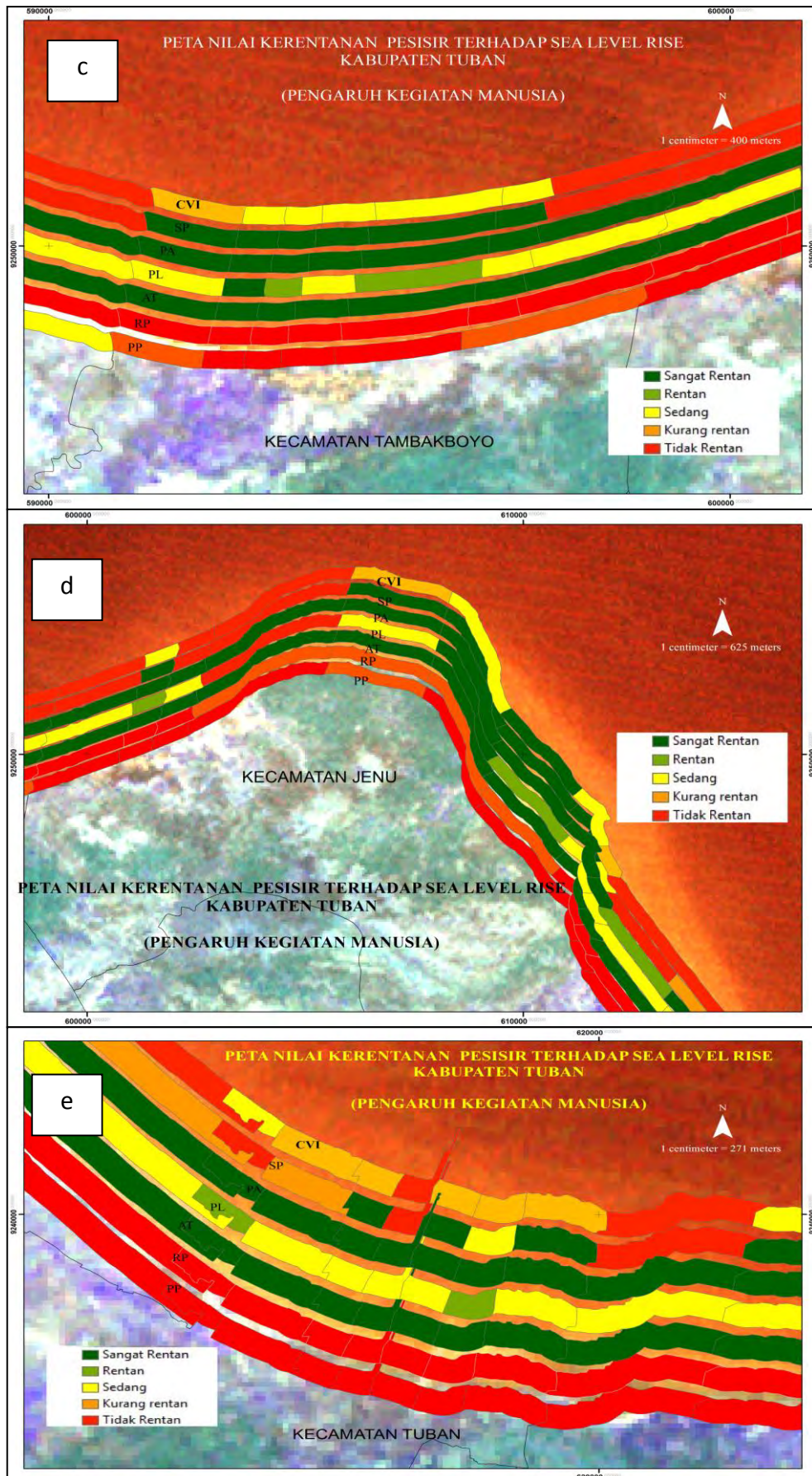
No	FID_Desa_P	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	Skor						CVI	Kelas Kerentanan
				PP	RP	AT	PL	PA	SP		
1	19	Bancar	Kecamatan Bancar	1	1	5	2	5	5	6.45	Kurang Rentan
2	21	Bogorejo		2	1	5	4	5	4	11.55	Sedang
3	22	Bulu Meduro		1	2	5	3	5	1	5.00	Kurang Rentan
4	23	Boncong		2	1	5	4	5	3	10.00	Sedang
5	24	Banjarjo		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
6	26	Bulu Jowo		1	1	5	4	5	1	4.08	Tidak Rentan
7	29	Sukolilo		1	1	5	4	5	2	5.77	Kurang Rentan
8	42	Margosuko		3	1	5	3	5	1	6.12	Kurang Rentan
9	9	Sugihwaras	Kecamatan Jenu	1	1	5	4	5	5	9.13	Sedang
10	10	Jenu		1	1	5	3	4	2	4.47	Tidak Rentan
11	11	Beji		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
12	12	Kaliuntu		1	1	5	3	5	3	6.12	Kurang Rentan
13	17	Wadung		1	2	5	3	5	5	11.18	Sedang
14	18	Temaji		1	1	5	5	5	5	10.21	Sedang
15	20	Purworejo		1	1	5	4	5	5	9.13	Sedang
16	25	Mentoso		1	2	5	3	5	5	11.18	Sedang
17	27	Tasikharjo		1	2	5	4	5	5	12.91	Sedang
18	28	Remen		2	2	5	4	5	5	18.26	Sangat rentan
19	44	Socorejo	Kecamatan Palang	1	1	5	4	5	5	9.13	Sedang
20	0	Gesikharjo		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
21	1	Palang		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
22	2	Pliwetan		1	1	5	5	4	5	9.13	Sedang
23	4	Sumurgung		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
24	5	Karangagung		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
25	31	Kradenan		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
26	32	Ketambul		1	1	5	5	5	5	10.21	Sedang
27	34	Cepokorejo		1	1	5	5	5	1	4.56	Tidak Rentan
28	37	Leran Kulon		1	1	5	1	5	1	2.04	Tidak Rentan
29	38	Tasikmadu		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
30	38	Glodog		1	1	5	4	5	5	9.13	Sedang
31	39	Panyuran	Kecamatan Tambakboyo	1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
32	13	Pabeyan		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
33	14	Tambakboyo		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
34	15	Kenanti		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
35	16	Sobontoro		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
36	35	Merkawang		2	1	5	3	5	5	11.18	Sedang
37	41	Gadon		2	1	5	3	5	2	8.07	Kurang Rentan
38	43	Glondonggede		2	1	5	3	5	5	11.18	Sedang
39	6	Baturetno	Kecamatan Tuban	1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
40	7	Sendangharjo		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
41	8	Karangsari		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
42	30	Sukolilo		1	1	5	3	5	5	8.91	Kurang Rentan
43	33	Sidomulyo		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
44	36	Kingking		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan
45	40	Kutorejo		1	1	5	3	5	1	3.54	Tidak Rentan

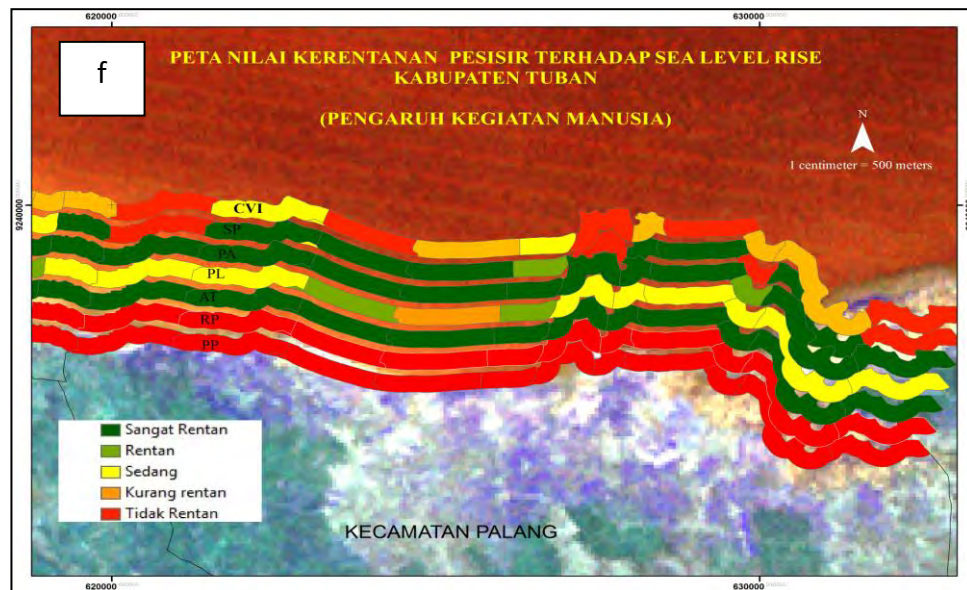
Sumber: Hasil Pengolahan Data

Berdasarkan Tabel 8.8 dan Gambar 8.18, pengelompokan atau kisaran nilai CVI kegiatan manusia: Kecamatan Bancar, Tambakboyo, Palang dan Tuban berada pada tingkat kerentanan „tidak rentan sampai“sedang” Kecamatan Jenu berada di tingkatan “tidak rentan” hingga “sangat rentan”.









Gambar 8.18 Peta Nilai CVI/Indeks Kerentanan Pesisir Kabupaten Tuban terhadap *Sea Level Rise* (Parameter Kegiatan Manusia). (a) Seluruh Pantai kabupaten Tuban, (b) Kecamatan Bancar, (c) Kecamatan Tambakboyo (d) Kecamatan Jenu (e) Kecamatan Tuban, (f) Kecamatan Palang

### 8.5 Dampak Kenaikan Permukaan Laut (*Sea Level Rise* /SLR)

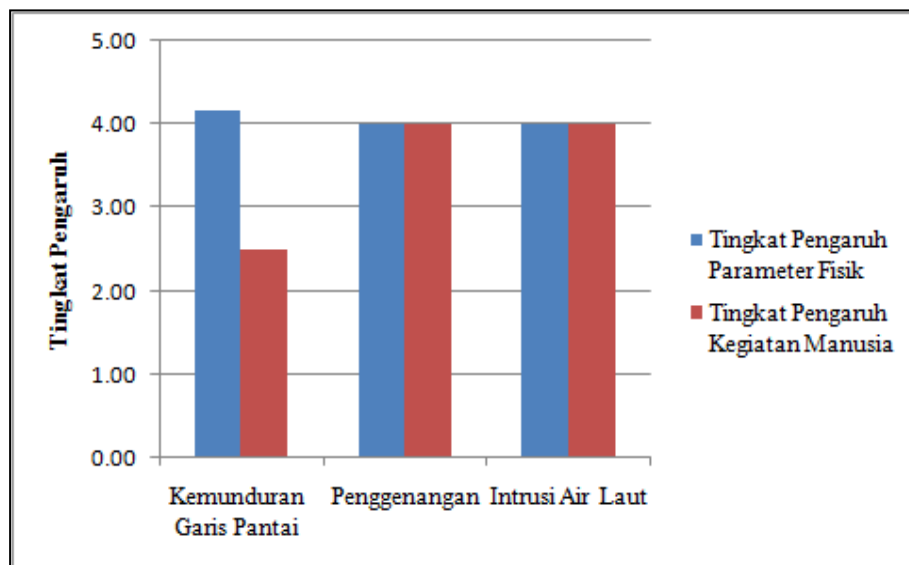
Model penilaian kerentanan pesisir terhadap dampak kenaikan permukaan laut menggunakan matrik CVI ( $_{SLR}$ ). Matriks menampilkan nilai indek kerentanan peisisr baik dari parameter fisik dan kegiatan manusia) dengan tujuan memprioritaskan dampak kenaikan muka laut. Berdasarkan Tabel 8.9 dapat diketahui bahwa dampak kenaikan permukaan air laut (*sea level rise*) terdapat 3 kelompok yaitu menyebabkan kemunduran garis pantai, penggenangan, dan intrusi air laut, dengan nilai dampak 3.5 - 4 (rentan). Skala prioritas dampak kenaikan permukaan laut di lokasi penelitian menunjukkan akan adanya penggenangan (4), intrusi air laut (4) dan kemunduran garis pantai (3.5)

Tabel 8.9 Matrik Besarnya Dampak Sea Level Rise di Lokasi Penelitian

Dampak	Parameter Fisik								Parameter Kegiatan Manusia								Total Nilai	Index Kerentanan Terendah	CVI Dampak	Kelas Dampak
		Parameter	1	2	3	4	5	Total	No	Parameter	1	2	3	4	5	Total				
Kemunduran Garis Pantai (Erosi Pantai)	1	Geomorfologi Pantai				1		4	1	Penambangan pasir	1					1				
	2	Ketinggian Permukaan Tanah					1	5	2	Reklamasi pantai	1					1				
	3	Rata-rata Tunggang pasut					1	5	3	Perlindungan Alami					1	5				
	4	Tinggi Gelombang Signifikan	1					1	4	Struktur Pelindung Pantai			1			3				
	5	<b>Kenaikan Muka Air laut Relatif</b>					1	5												
	6	Perubahan Garis Pantai					1	5												
		<b>Total</b>	1		0	1	4	<b>25</b>		<b>Total</b>	2		1		1	<b>10</b>	18.5	5	<b>3.5</b>	Rentan
Penggenangan (Banjir ROB)	1	Ketinggian Permukaan Tanah					1	5	1	Perlindungan Alami					1	5				
	2	Rata-rata Tunggang pasut					1	5	2	Struktur Pelindung Pantai			1			3				
	3	Tinggi Gelombang Signifikan	1					1												
	4	<b>Kenaikan Muka Air laut Relatif</b>					1	5												
		<b>Total</b>	1			0	3	<b>16</b>		<b>Total</b>			1		1	8	<b>12</b>	3	<b>4</b>	Rentan
Intrusi Air laut pada Air Tanah	1	Geomorfologi Pantai				1		4	1	Konsumsi Air Tanah					1	5				
	2	Ketinggian Permukaan Tanah					1	5	2	Pola penggunaan lahan			1			3				
	3	Rata-rata Tunggang pasut					1	5												
	4	Tinggi Gelombang Signifikan	1					1												
	5	<b>Kenaikan Muka Air laut Relatif</b>					1	5												
		<b>Total</b>	1		0	1	3	<b>20</b>		<b>Total</b>			1		1	8	<b>14</b>	3.5	<b>4</b>	Rentan

Pesisir Kabupaten Tuban paling rentan terhadap genangan (CVI = 4) berarti ada ancaman kerusakan terhadap kehilangan tanah karena genangan dari erosi pantai. Pengaruh parameter kegiatan manusia dapat meningkatkan kerentanan terhadap genangan dan tidak adanya perlindungan pantai (pada lokasi penelitian panjang struktur pelindung pantai yang ada sepanjang 22.640 m atau sebesar 34% dari panjang pantai yang ada, dan panjang pelindung alami dalam hal ini panjang lokasi mangrove 9406 m dan lebar 294 m).

Kemunduran garis pantai ( $CVI_{SLR} = 3.5$ ) adalah masalah yang paling signifikan dari pesisir kabupaten Tuban yang juga telah dibahas pada Bab VI. Sehingga rekayasa terhadap wilayah pesisir sangatlah penting karena menunjukkan rentan terhadap erosi pantai akibat kenaikan permukaan laut. Sifat parameter fisik dari pesisir kabupaten Tuban akan meningkat karena adanya kegiatan manusia seperti adanya penambangan pasir, reklamasi pembangunan dermaga. Pada Gambar 8.19 menunjukkan pengaruh parameter fisik dan manusia sama-sama mempengaruhi kerentanan pesisir kabupaten Tuban.



Gambar 8.19 Tingkat Pengaruh Parameter Fisik dan Kegiatan Manusia Terhadap Dampak Sea Level Rise

Sumber air tawar masyarakat pesisir Kabupaten Tuban berasal dari air tanah. Intrusi air laut ke air tanah menempati ranking ke dua ( $CVI=4$ ). Dalam penelitian ini belum dikaji secara mendalam tentang pemeta sebaran air tanah asin hingga payau, baik pada akuifer dangkal maupun akuifer dalam dan juga

untuk mengetahui penyebab keasinan air tanah tersebut. Data yang diperoleh adalah sumber pemakain air bersih masyarakat peisisr berasal dari air tanah melalui sumur bor dengan kedalaman minimal 25 m.

## **8.6 Strategi Adaptasi Terhadap Dampak Perubahan Iklim**

Permasalahan lain di lokasi penelitian terhadap pengelolaan yang terjadi di wilayah pesisir Tuban terhadap adanya dampak perubahan iklim terutama adanya kenaikan permukaan air laut, diantaranya:

1. Dampak perubahan iklim yang terjadi terutama adanya kenaikan muka air laut terhadap wilayah pesisir Tuban belum banyak diketahui baik oleh pemerintah (pusat/daerah), apalagi masyarakatnya
2. Penanganan wilayah pesisir masih ditangani oleh Pemda Tuban
3. Kelembagaan pemerintah maupun kelembagan masyarakat belum difungsikan secara maksimal dalam pengelolaan wilayah pesisir
4. Perlu adanya formulasi alternative strategi dan adaptasi terhadap dampak SLR yang akan terjadi dan harus ditetapkan pemerintah namun yang telah disinkronkan dengan keinginan masyarakat untuk mengurangi terjadinya pelanggaran-pelanggaran dan ketentuan yang ditetapkan

Adaptasi terhadap dampak kenaikan permukaan laut dengan demikian merupakan hal penting merupakan salah satu komponen strategi negara untuk mengatasi salah satu dampak perubahan iklim (IPPC 2007<sup>a</sup>). Dalam Sub Bab ini akan dibahas strategi adaptasi perubahan iklim berdasarkan aspek teknis dan aspek persepsi *stakeholder* berdasarkan skenario dalam pengambilan keputusan.

### **8.6.1 Strategi Adaptasi Perubahan Iklim Berdasarkan Aspek Teknis**

Bahaya yang disebabkan oleh SLR dalam penelitian ini terjadi kemunduran garis pantai adanya genangan. Bahaya ini meningkat dengan bertambahnya perkembangan daerah pesisir seperti peningkatan pertumbuhan populasi, peningkatan pembangunan wilayah pantai, investasi untuk wilayah pantai dan nilai pariwisata pantai. Klasifikasi pilihan adaptasi yang diusulkan oleh *The Coastal Zone Management Subgroup of the International Panel on Climate*



*Change* (IPCC CZMS, 1990) yaitu Perlindungan (*Protection*), Akomodasi (*Accommodation*), dan Mundur (*Retreat*)

Penentuan strategi dilakukan berdasarkan hasil analisis kerentanan dan kerugian ekonomi yang didapat. Pilihan strategi dalam penanganan dampak SLR strategi protektif, strategi akomodatif, dan strategi mundur.

#### Strategi Protektif

- i. Untuk menangani kerentanan tinggi dan terdapat berbagai kawasan ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Diperlukan dalam perlindungan kawasan perdagangan jasa, kawasan industri, kawasan permukiman padat dan perumahan.
- iii. Adanya pertimbangan jika kawasan direlokasi akan menimbulkan kerugian ekonomi yang besar bagi masyarakat maupun Kabupaten Tuban
- iv. Membutuhkan investasi pendanaan cukup besar.
- v. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni pembangunan tanggul laut di sepanjang kawasan yang dilindungi.

#### Strategi Akomodatif

- i. Untuk menangani kerentanan sedang dan kerentanan rendah serta terdapat berbagai kawasan ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Penanganan yang dilakukan harus adaptif dengan perubahan kenaikan air laut.
- iii. Adanya pertimbangan masyarakat tetap dapat melakukan aktivitas di kawasan tersebut dengan beradaptasi lingkungan.
- iv. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni pengalihan fungsi persawahan/tegalan menjadi areal pertambakan dan kawasan permukiman tidak padat mengadopsi konsep rumah panggung.

#### Strategi Mundur (*Retreat*) atau *Do Nothing*

- i. Kawasan kerentanan rendah dan tidak terdapat berbagai kawasan ekonomi strategis bagi Kabupaten Tuban
- ii. Kawasan yang membutuhkan investasi besar dalam mempertahankannya.
- iii. Lebih baik merelokasi kawasan/aktivitas tersebut dan membiarkan perubahan kondisi lahan sesuai dengan alam.
- iv. Contoh penerapan alternatif strategi ini yakni dengan menetapkan kawasan

mundur/pindah.

Strategi yang diusulkan harus dapat memberi solusi perlindungan pantai dari dampak SLR yang berkelanjutan secara ekologis dan finansial. Adapun maksud keberlanjutan ekologis adalah strategi pengelolaan pesisir dan memelihara proses pesisir secara alamiah dan kelestariannya secara alami, sedangkan keberlanjutan keuangan adalah kemampuan pemerintah dan pemilik tanah swasta untuk mendanai dan mempertahankan strategi pengelolaan pesisir, dapat juga didefinisikan nilai strategi pengelolaan pesisir yang di evaluasi sebagai strategi adaptasi alternative. Adapun langkah tahapan penentuan strategi adaptasi tersebut antara lain:

a. Perencanaan, desain, dan manajemen

- i. Penggunaan Tanah: Fokus pada penggunaan lahan yang tergantung pada air, mudah beradaptasi, atau berkembang. Mempertahankan penyangga untuk arus sejajar pantai untuk untuk adaptasi kemunduran garis pantai dan ekosistem.
- ii. Mitigasi Bencana: Minimalkan bahaya untuk pengembangan pesisir melalui pembangunan struktur yang tepat baik dalam penempatan, desain, dan pemindahan struktur.
- iii. Pengelolaan Air dan Konservasi: Melakukan penanggulangan bencana dan melakukan proyeksi terhadap intrusi air laut
- iv. Manajemen Shoreline: Menjaga dan mendukung proses pantai alami seperti sedimentasi, transportasi dan memungkinkan migrasi ekosistem alami dalam menanggapi kenaikan permukaan laut.
- v. Adaptasi ekosistem: Secara proaktif membantu dalam adaptasi ekosistem. Ini memerlukan berbagai langkah-langkah termasuk stabilisasi ekosistem, restorasi, dan menyisihkan lahan untuk kemunduran ekosistem

b. Konstruksi baru dan ada modifikasi konstruksi

- i. Fungsi: Desain yang kegunaan dan fungsi beradaptasi dan berubah dari waktu ke waktu dalam menanggapi kenaikan permukaan laut.

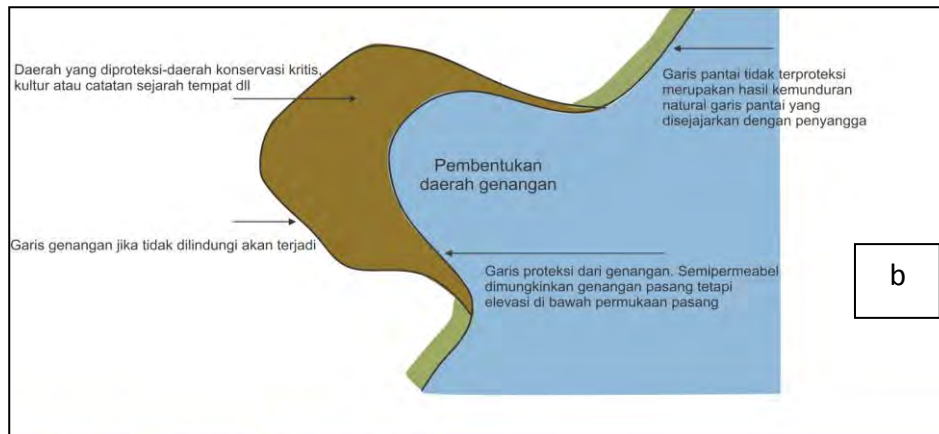


- ii. Kode zonasi dapat direvisi untuk memperhitungkan perubahan biaya penggunaan lahan berdasarkan tolok ukur tertentu kenaikan permukaan air laut.
- iii. Adaptasi: Struktur yang non-permanen, relokasi ramah lingkungan, tinggi, modular, mengambang, atau bisa di daur ulang.
- iv. Spesies Tumbuhan: Perencanaan untuk genangan air garam dalam rentang hidup spesies tanaman (misalnya spesies yang hidup tidak lama dekat dengan garis pantai yang tidak toleran terhadap garam)
- v. Biaya: biaya yang tepat dari struktur vs rentang umur struktur
- vi. Pengabaian: Struktur yang diharapkan akan ditinggalkan setelah tingkat tertentu genangan harus dibangun dan dikelola untuk meminimalkan bahaya lingkungan.

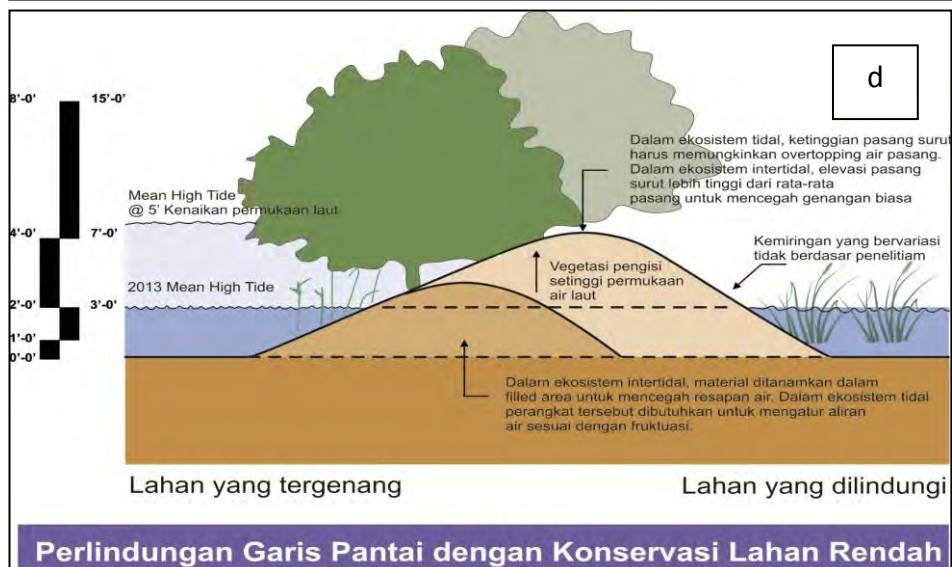
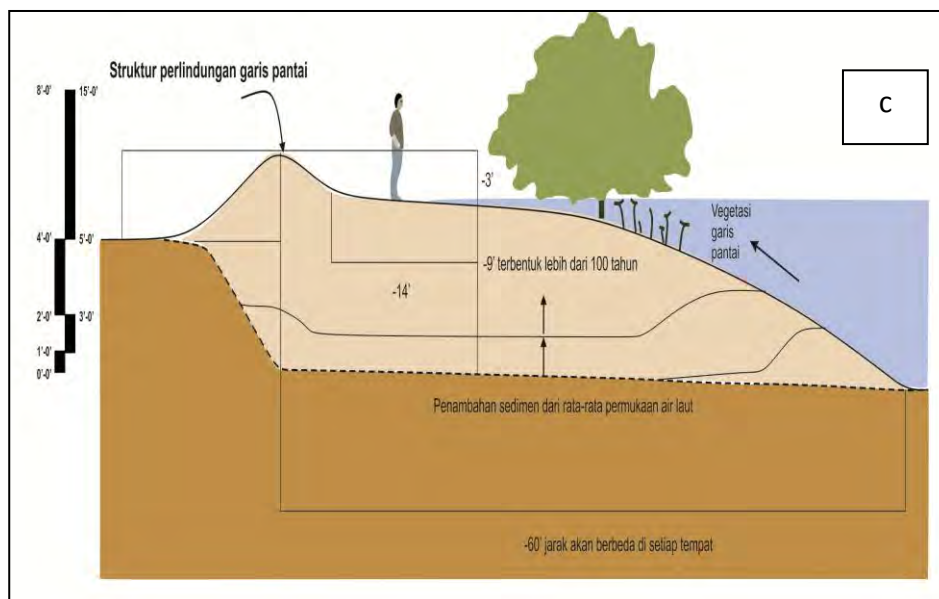
Contoh desain strategi adaptasi yang diajukan sebagai pilihan selain model perlindungan struktur pantai yang sudah dibangun di sepanjang pesisir Tuban. Contoh desain tersebut antara lain (Gambar 8.20)

- a. Perlindungan pantai melalui restorasi pembuatan pasir/penambahan tanah
- b. Perlindungan lahan kritis melalui rehabilitasi pantai
- c. Perlindungan pantai melalui restorasi ekosistem
- d. Perlindungan garis pantai dengan konservasi lahan rendah





### Perlindungan Lahan Kritis



Gambar 8.20. Contoh Desain Strategi Adaptasi Terhadap Dampak SLR yang Dapat Memelihara Proses Pesisir Secara Alamiah, Lestari dan Berkelanjutan

### **8.6.2 Strategi Adaptasi Perubahan Iklim berdasarkan Persepsi Stakeholder dalam Pengambilan Keputusan dalam adaptasi berbasis skenario**

Dengan melibatkan pertimbangan pemangku kepentingan dan pemerintah diharapkan kompleksitas dampak perubahan iklim dapat diselesaikan dengan baik, dan adanya dukungan stakeholder maka keputusan yang diambil oleh pengambil keputusan dapat berjalan dengan baik (Joubert *et al.*, 1997 ) Dan lebih transparan (Hobbs *et al.*, 1992). Tanpa adanya keterlibatan stakeholder keputusan yang diambil oleh pemerintah (pengambil keputusan) tidak akan berguna dalam situasi praktis ( Olson *et al.*, 2000 )

Untuk mengidentifikasi persepsi pemangku kepentingan (*stakeholder*) wilayah pesisir maka perlu dirancang dan pengujian pendekatan baru keterlibatan pemangku kepentingan berbasis *skenario/scenario-based stakeholder engagement* (SBSE). Menurut Tompkins *et al.* (2008) sistem SBSE yang kini telah banyak diperkenalkan di negara maju, berisi lima elemen kunci, beberapa di antaranya terjadi secara bersamaan; dan mengidentifikasi berbagai prioritas yang memuat lima instrumen; 1) identifikasi stakeholder; 2) pencakupan dampak; 3) pengembangan penelitian tentang kriteria dan skenario masa depan; 4) membuka ruang konsultatif koordinatif untuk mencapai tujuan; dan 5) memperkenalkan (sosialisasi) berbagai prioritas kebijakan tersebut.

### **8.6.3 Peran stakeholder dalam membuat kebijakan dalam perencanaan adaptasi iklim berbasis skenario**

Untuk pengambilan keputusan dalam mengantisipasi dampak perubahan iklim yang akan terjadi berbagai strategi adaptasi yang dibuat oleh pemerintah dan bahkan informasi-informasi dari hasil penelitian belum banyak dikonsultasikan secara komprehensif dengan stakeholder. Persepsi stakeholder ini sangat diperlukan agar ketentuan-ketentuan langkah-langkah adaptasi dapat disepakati dan dipatuhi. Beberapa alat pendukung keputusan terdiri dari empat kategori: manajemen informasi (yang melibatkan pengumpulan, penyimpanan, pengambilan, dan organisasi pengetahuan, misalnya database, spreadsheet); alat bantu representasi (alat yang membantu visualisasi data, misalnya peta, GIS); alat pilihan (alat untuk mempersempit bidang pilihan, misalnya goal programming); dan hasil luaran/model (alat yang memprediksi atau menjelaskan dampak/hasil di

bawah keputusan yang berbeda, misalnya analisis biaya-manfaat, multi-atribut pengambilan keputusan). Kelompok alat terakhir ini yang paling sering dituntut oleh pengambil keputusan untuk menyelesaikan tantangan alokasi sumber daya untuk perubahan iklim dan manajemen pesisir, yaitu terlibatnya secara bersama antara ahli pengelolaan pesisir dan *stakeholder* (Treby dan Clark, 2004).

Persepsi *stakeholder* dalam pengelolaan pesisir Tuban ini diperlukan sebagai masukan ke dalam hasil luaran, karena itu perlu adanya fasilitas dan pengelolaan musyawarah *stakeholder* dalam penentuan strategi adaptasi terhadap SLR. Regan *et al.* (2006) menjelaskan memfasilitasi dan mengelola musyawarah pemangku kepentingan mengalami banyak tantangan dan masalah yang timbul. Fischhoff (2000) merangkum empat masalah utama: (1) preferensi beberapa individu mungkin tidak tercermin dalam konsensus bersama kelompok konsensus. (2) preferensi beberapa individu mungkin tidak terdengar dalam kelompok sebagai hubungan kekuasaan dapat menyebabkan beberapa individu mempunyai peran lebih dominan (3) beberapa yang individu mungkin tidak mampu mengartikulasikan preferensi mereka dalam kelompok karena kurangnya keyakinan, kurangnya kepercayaan dalam kelompok atau kelompok miskin manajemen oleh moderator. (4) kelompok belum tentu dapat menggabungkan atau mencerminkan pandangan dan nilai-nilai dari semua orang dalam kelompok. Keberhasilan pelaksanaan kegiatan dalam proses adaptasi dapat berjalan baik jika mendapatkan orang-orang yang tepat dan turut serta dalam proses partisipasi. Tujuannya untuk mempromosikan pengambilan keputusan ke *stakeholder* yang lain. Oleh karena itu perlu dilakukan pemilihan *stakeholder* secara purposive atau sengaja.

Untuk menjaring strategi adaptasi yang sesuai keinginan masyarakat di lapangan telah diidentifikasi sejumlah alternatif melalui wawancara dengan *stakeholders* yang menjadi responden dalam penelitian ini. Sedangkan yang dimaksud dengan skenario dalam penelitian ini adalah informasi mengenai dampak SLR pada tahun 2050 dan 2100 (skenario 2050 dan skenario 2100). Berbagai pilihan teknologi adaptasi pola pengelolaan pesisir dampak SLR disajikan pada Tabel 8.10

Tabel 8.10 Pilihan Tehnologi Adaptasi terhadap SLR yang diajukan *Stakeholder*

Adaptasi	Tehnologi
Proteksi atau perlindungan	
a. Struktur keras	a. Dam, tanggul, penahan banjir b. Dinding laut c. Groin
b. Struktur lunak	a. Perlindungan Pantai melalui Penambahan Tanah b. Perlindungan Lahan Kritis c. Perlindungan Pengembangan melalui Restorasi Ekosistem d. Perlindungan garis pantai dengan Konservasi Lahan Rendah
Relokasi (Mundur)	a. Menetapkan Kawasan Mundur b. Memindahkan bangunan-bangunan yang terancam c. Menghilangkan atau meniadakan pembangunana di kawasan berisiko d. Memperkirakan pergerakan kenaikan air laut
Akomodasi (menyesuaikan)	
Perubahan tata guna lahan	pengalihan fungsi persawahan/tegalan menjadi areal pertambakan dan kawasan permukiman tidak padat mengadopsi konsep rumah panggung.

Pilihan responden menunjukkan bahwa dalam jangka waktu pendek (2050) bentuk adaptasi yang diusulkan adalah adaptasi untuk menanggulangi dampak langsung yang oleh masyarakat sendiri bisa dilakukan yaitu menambah tanah pada pantai yang rendah (67%), melakukan perlindungan lahan kritis (100%), sendang perlindungan yang lainnya yaitu melaui restorasi ekosisiten dan koservasi lahan rendah perlu adanya pelatihan atau transfer tehnologi. Sebanyak 11 stakeholder menyatakan proaktif dalam mewujudkan strategi fungsi perlindungan dengan struktur lunak ini. Sedangkan fungsi strategis relokasi 100% stakeholder menyatakan tanggungjawab pemerintah untuk menentukan kawasan untuk mundur dan sekaligus pembangunan tempat usaha dan rumah yang terkena dampak langsung. Begitupula untuk fungsi strategis akomodasi, stakeholder berpendapat perlu adanya pelatihan dari masyarakt petani atau nelayan menjadi seorang pembudidaya.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## **BAB IX**

### **KESIMPULAN DAN REKOMENDASI**

#### **9.1 Kesimpulan**

1. Skenario iklim yang sesuai dengan wilayah Tuban untuk memperoleh prediksi *sea level rise* (SLR) adalah Skenario Kebijakan: B2-AIM dan A2-AIM, Skenario referensi: menggunakan stabilitas konsentrasi CO<sub>2</sub> untuk A2 dan B2 yaitu 550 ppm (WRE550). *Output* prediksi SLR dengan MAGICC menggunakan skenario terpilih mendekati nilai trendline MSL Tuban, sehingga prediksi model global dengan skenario iklim yang sesuai lokasi penelitian,
2. Memodelkan perubahan garis pantai sebagai dasar analisis fisik dampak SLR) sebagai implikasi perubahan iklim terhadap wilayah pesisir Tuban, pertama dilakukan analisa dengan menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS), untuk membuktikan dinamika perubahan garis pantai yang terjadi, hasilnya menunjukkan tahun 1972 sampai 2015 mengalami kemunduran. Sehingga prediksi perubahan garis pantai dengan dua metode (Bruun Rule (1988) dan Metode Hennecke (2004))
  - a. Hasil perhitungan kemunduran garis pantai (R) dengan metode Bruun rata-rata pada tahun 2050 sepanjang 161.27 m dan 2100 sepanjang 349.16 m
  - b. Hasil perhitungan kemunduran Garis Pantai (R) dengan metode Hennecke rata-rata pada tahun 2050 sepanjang 88.22 m dan 2100 sepanjang 191,01 m
  - c. perhitungan dengan menggunakan metode error terkecil untuk setiap garis piasnya adalah metode Sehingga prediksi perubahan garis pantai untuk tahun-tahun berikutnya menggunakan prediksi dengan Metode Hennecke
3. Hasil analisa kerugian Ekonomi
  - a) prediksi kerugian ekonomi akibat kemunduran garis pantai sebesar 26.456.954,- s.d. 32.002.051,- (juta rupiah) pada tahun 2050 dengan luas lahan yang hilang 16,140,631.57 m<sup>2</sup>, sedang pada 2100 sebesar



- 66.532.754,- s.d. 88.842.551 (juta rupiah) dengan lahan seluas 23,324,606.54 m<sup>2</sup>
- b) prediksi kerugian ekonomi akibat genangan, pada tahun 2050 lahan tergenang seluas 30.102.134,64 m<sup>2</sup> sebesar 41,784,228,- s.d. 56,092,878,- (juta rupiah) dan pada tahun 2100 seluas 71.396.054,44 m<sup>2</sup> sebesar 80.768.152,- s.d. 111.937.170,- (juta rupiah)
- c) Kerugian Sumberdaya Mangrove  
 Nilai manfaat total secara ekonomi dari seluruh luasan mangrove di kabupaten Tuban (1.199.800 m<sup>2</sup>) sebesar Rp 3.651.682.560 per tahunnya. maka total kerugian ekonomi untuk sumberdaya pesisir mangrove sebesar Rp. 71.590.878.450,- pada tahun 2050 dengan luas lahan mangrove yang hilang 110.993,61 m<sup>2</sup> dan pada tahun 2100 sebesar 206.665.940.000,- dengan luas lahan yang hilang 138.238,09 m<sup>2</sup>
- d) Kerugian ekonomi total dari sumberdaya udang ini diperoleh dengan cara mengalikan luas lahan yang terkena dampak dengan nilai lahan tambak tersebut yaitu sebesar Rp. 28.842.682.100,- di tahun 2050 dengan luas tambak yang hilang 1.893.524.60 m<sup>2</sup> dan 2100 sebesar Rp. 114.551.625.000,- dengan luas tambak yang hilang 2.506.553,819 m<sup>2</sup>
- e) Kerugian sumberdaya pesisir pasir laut dalam hitungan lahan terbangun (TPI, Daerah Industri Perikanan dan PPI Nasional) menunjukkan sebesar 176.598,- sd. 244.114,- (juta rupiah) pada tahun 2050 dan tahun 2100 sebesar 450.269,- s.d. 596.967,- (juta rupiah)
4. Mengembangkan model kerusakan pesisir sebagai pendukung analisis penentuan strategi adaptasi
- a) Hasil perhitungan indeks kerentanan pesisir menunjukkan menunjukkan wilayah pesisir Kabupaten Tuban mengalami ancaman kerusakan, nilai indeks kerentanan pesisir terhadap ancaman kerusakan menunjukkan kecamatan Bancar termasuk dalam 4 kategori yaitu kurang rentan sampai sangat rentan, Kecamatan Jenu termasuk daerah yang rentan dan sangat rentan, Kecamatan Palang dan Tambakboyo pada kategori sedang sampai sangat rentan, sedangkan Tuban termasuk pada daerah sedang dan rentan.

- b) berdasarkan Matrik CVI (SLR) dapat diketahui bahwa dampak kenaikan SLR terdapat 3 kelompok yaitu menyebabkan kemunduran garis pantai, penggenangan, dan intrusi air laut, dengan nilai dampak 3.5 - 4 (rentan).
- c) Strategi adaptasi terhadap perubahan iklim yang diajukan pada stakeholder berupa (perlindungan pantai melalui restorasi pembuatan pasir/penambahan tanah, perlindungan lahan kritis melalui rehabilitasi pantai, perlindungan pantai melalui restorasi ekosistem, dan perlindungan garis pantai dengan konservasi lahan rendah
- d) Pilihan responden adalah penangangan wilayah yang paling rentan dan bisa dilakukan oleh masyarakat itu sendiri yaitu menambah tanah pada pantai yang rendah (67%), melakukan perlindungan lahan kritis (100%), sendang perlindungan yang lainnya yaitu melaui restorasi ekosisiten dan koservasi lahan rendah perlu adanya pelatihan atau transfer tehnologi. Sebanyak 11 stakeholder menyatakan proaktif dalam mewujudkan strategi fungsi perlindungan dengan struktur lunak ini. Sedangkan fungsi strategis relokasi 100% stakeholder menyatakan tanggungjawab pemerintah untuk menentukan kawasan untuk mundur dan sekaligus pembangunan tempat usaha dan rumah yang terkena dampak langsung. Begitupula untuk fungsi strategis akomodasi, stakeholder berpendapat perlu adanya pelatihan dari masyarakt petani atau nelayan menjadi seorang pembudidaya.

## **9,2 Kontribusi, Rekomendasi dan Saran**

### **9.2.1 Kontribusi dan Rekomendasi**

Salah satu kontribusi penelitian ini adalah metode yang digunakan dalam melakukan analisa dampak dari SLR akibat perubahan iklim terhadap sumberdaya pesisir merupakan sumbahsih ilmu dalam khasanah pengelolaan pesisir melalui pengurangan resiko akibat perubahan iklim.

Melalui hasil proyeksi SLR dari penelitian ini maka dapat dilakukan tindakan proteksi terhadap resiko kehilangan lahan produktif dan sumberdaya pesisir yang ada.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan bahan rujukan dan pertimbangan dalam pengambilan kebijakan untuk mengatasi permasalahan kerugian ekonomi dari perubahan iklim sehingga bencana dari perubahan iklim dapat diproyeksi untuk jangka pendek (temporal) dan untuk wilayah yang lebih detil (spasial).

### **9.2.2 Saran**

Penelitian ini sudah dapat memproyeksikan dampak SLR terhadap kerusakan sumberdaya pesisir khususnya untuk wilayah Tuban, Namun beberapa materi penelitian belum tercakup dan perlu ditindaklanjuti diantaranya:

- a. Metode Bruun perlu dilakukan modifikasi dengan menambahkan pengaruh gelombang *irregular* sehingga dapat mengetahui *bedload sediment transport*
- b. Parameter indeks kerentanan pesisir terhadap SLR untuk tingkat sedimentasi DAS
- c. Dampak perubahan iklim terutama pengaruh perubahan suhu air laut terhadap sumberdaya pesisir (lamun dan terumbu karang)

## **BAB VI**

### **PERUBAHAN GARIS PANTAI AKIBAT KENAIKAN MUKA AIR LAUT**

Pada Bab ini metode yang digunakan menganalisis perubahan garis pantai terhadap kenaikan permukaan laut (*sea level rise*/SLR) di sepanjang pantai kabupaten Tuban yaitu. (1) DSAS (*Digital Shoreline Analysis System*) untuk mengetahui kecenderungan perubahan garis pantai Kabupaten Tuban pada tahun 1972- 2015 dengan data citra multitemporal (Landsat). (2) Prediksi perubahan garis pantai pada tahun 2050 dan 2100 dengan model Bruun Rule dan Hennecke dengan data peta batimetri dan prediksi kenaikan muka air laut (*sea level rise*/SLR) dari *trenline* MSL Tuban

#### **6.1 Analisa Perubahan Garis Pantai dengan Menggunakan *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS)**

DSAS adalah perluasan Arc Map yang dibuat oleh USGS (*US Geological Survey*), merupakan perangkat yang tersedia untuk umum dapat di download dan diperoleh di <http://woodshole.er.usgs.gov/project-pages/dsas/>. Sistem DSAS memerlukan beberapa garis pantai dari tanggal yang berbeda untuk mendapatkan data dan hasil. Garis pantai yang digunakan dapat diimpor dari shapefile dari hasil digitasi atau dari teknik lain yang berasal dari foto udara (citra satelit). Setiap garis pantai akan membutuhkan informasi mengenai tanggal garis pantai dan ketidakpastian garis pantai.

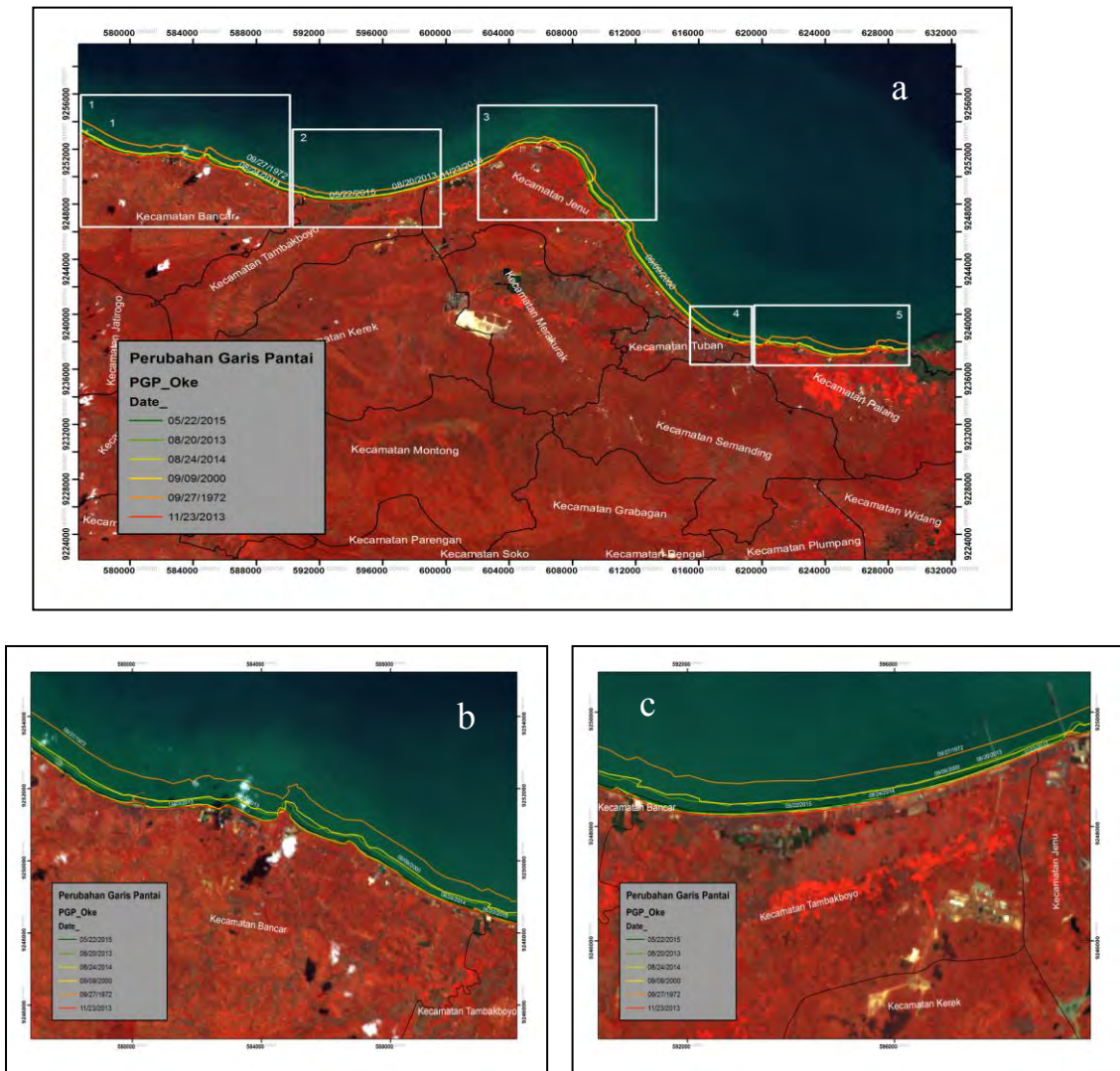
Menurut Oyedotun (2014) kemungkinan keakuratan hasil digitasi terhadap posisi garis pantai lebih tepat jika menggunakan sumber citra yang sama. Namun dianjurkan juga untuk menggunakan sumber-sumber yang lain. Penggunaan gabungan citra satelit dan metode statistik dapat menjadi metode yang dapat diandalkan untuk analisis perubahan garis pantai (Mageswaran *et al.*, 2015). Selanjutnya Natesan *et al.* (2015) menjelaskan teknik penginderaan jauh dan geospasial ditambah dengan DSAS akan berguna untuk monitoring perubahan jangka panjang garis pantai dan memberikan pandangan yang komprehensif dari pola erosi dan akresi dari wilayah pesisir yang mempunyai nilai ekonomis penting.

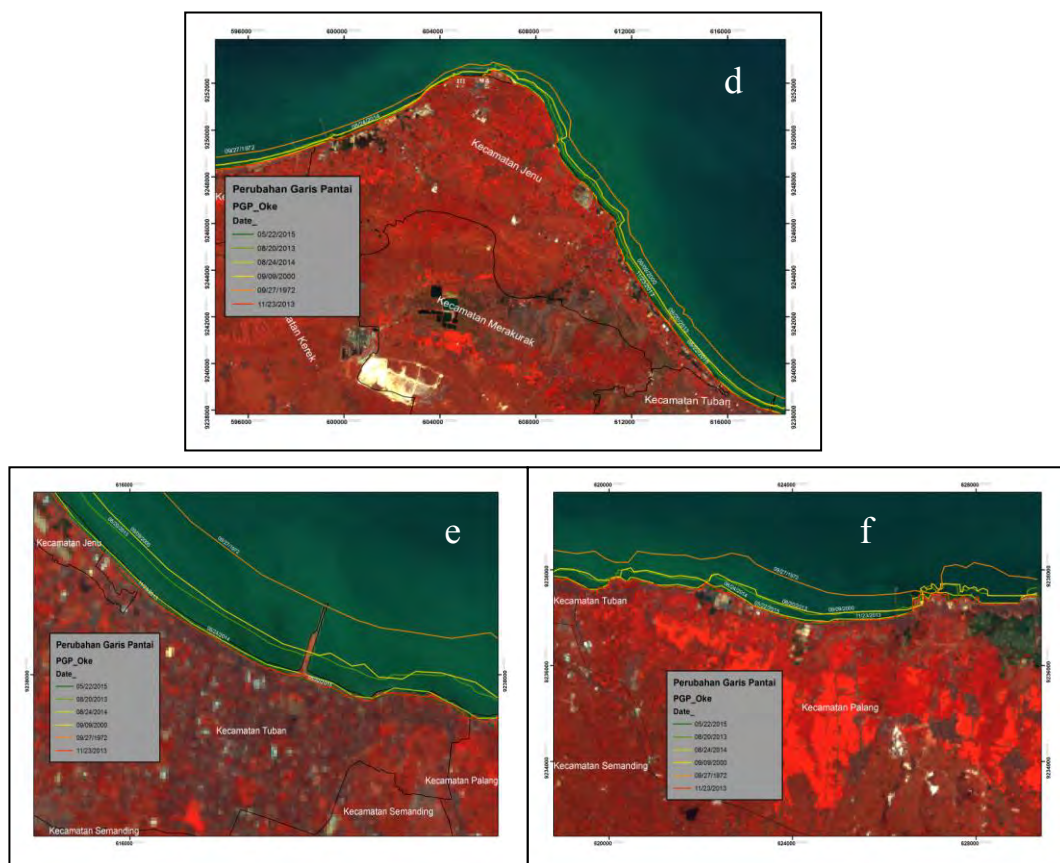
Hasil digitasi perubahan garis pantai Kabupaten Tuban dengan perbedaan tahun (1972-2015) yang dibagi menjadi 5 kecamatan pantai, seperti ditunjukkan pada Gambar 6.1 dan Tabel 6.1.

Tabel 6.1. Titik Koordinat Lokasi Penelitian Kawasan Pesisir Tuban

Kotak	Kecamatan	Panjang GP (m)	Latitude (UTM)		Longitutude (UTM)	
			Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	Bancar	16.425	576392	590908	9253394	9248522
2	Tambakboyo	8.143	590908	598751	9248522	9249280
3	Jenu	26.638	598751	615714	9249280	9239114
4	Tuban	4.354	615714	619479	9239114	9237554
5	Palang	11.330	619479	629424	9237554	9237457

*Sumber: Hasil Tracking pantai (2013) dan Analisa GIS*





Gambar 6.1 Posisi Garis Pantai Pada Tahun yang Berbeda. a.Seluruh Kecamatan Pantai, b. Pantai Bancar, c. Pantai Tambakboyoy, d. Pantai Jenu, e Pantai Tuban, f. Pantai Palang

Garis transek yang dihasilkan oleh DSAS sebanyak 1265 untuk pantai sepanjang 65 km yang terbagi dalam 5 kecamatan pantai seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.2

Tabel 6.2 Perubahan garis pantai di lokasi penelitian

Keterangan	E	D	C	B	A
	Palang	Tuban	Jenu	Tambakboyoy	Bancar
ID Baseline dan Transek	1 : 1 – 58 2 : 59 – 113 3 : 114 – 195	4 : 196 – 277	5 : 278 – 333 7 : 334 – 393 8 : 394 – 438 9 : 439 – 508 10: 509 – 559 11: 560 – 591 12 : 592 – 616 13 : 617 – 708 14 : 709 – 807	15 : 808 – 858 16 : 859 – 930 17 : 931 – 964	18: 965 – 1050 19: 1051 – 1141 20: 1142 – 1175 21: 1176 – 1222 22: 1223 – 1265
Panjang Transek (m)	1500	1500	1500	1500	1500
Jarak Baseline dari pantai (m)	500	500	500	500	500

Sumber: Olah Data DSAS, 2014

Hasil perubahan garis pantai yang dihasilkan dengan DSAS ditunjukkan pada Tabel 6.3 dan Gambar 6.2 dengan mengamati perubahan garis pantai dengan menggabungkan 2 garis pantai pada tahun yang berbeda, sedangkan Tabel 6.4 dan Gambar 6.3 dengan menggabungkan 5 tahun yang berbeda

Tabel 6.3 Perubahan Garis Pantai pada periode 1972-2015 (dengan menggabung hanya 2 garis pantai pada tahun yang berbeda)

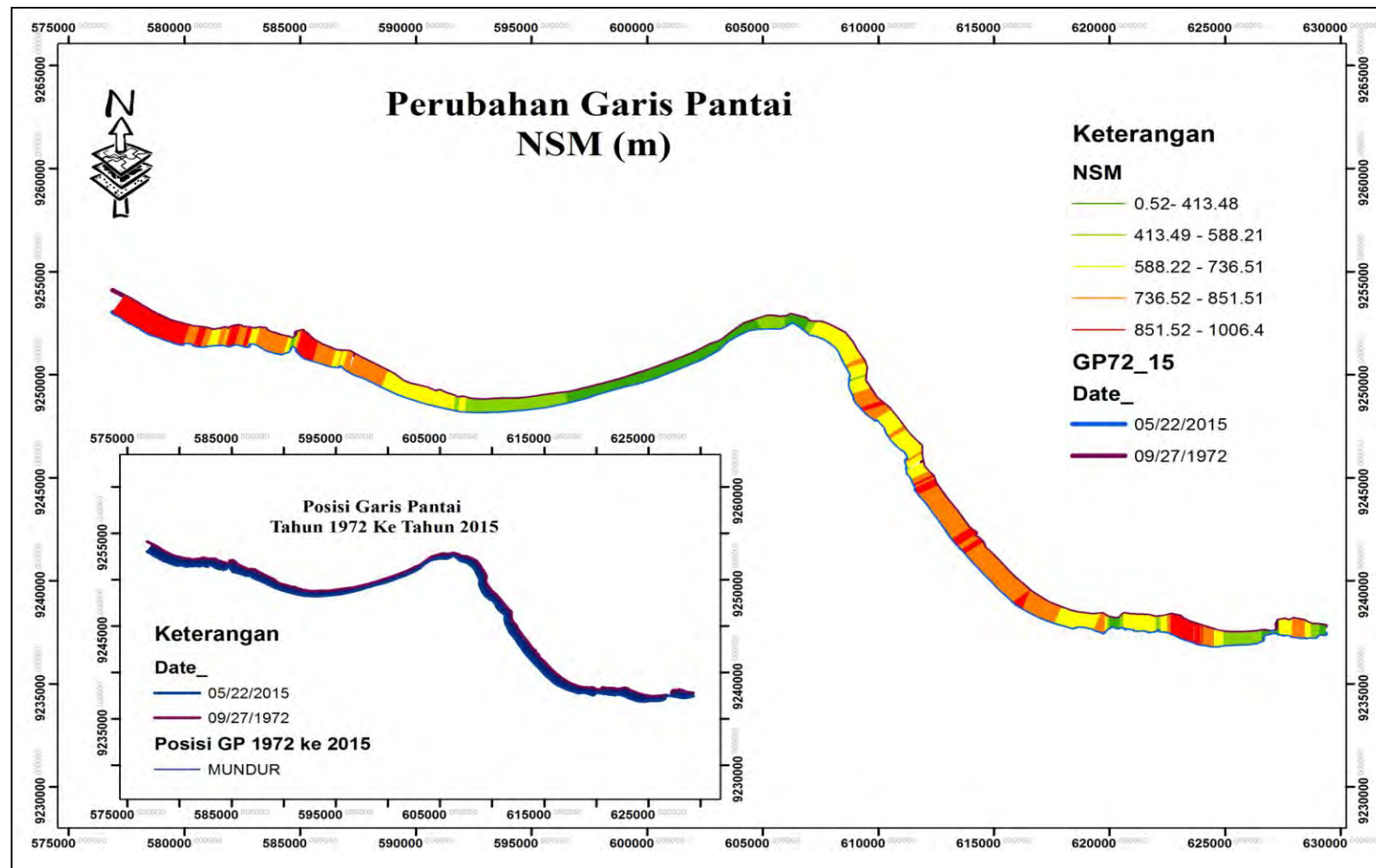
Pantai	Perubahan Garis pantai	1972-2015
Palang	Rata-rata Perubahan garis Pantai (m/th)	14,51
	Rata-rata Perubahan Mundur (m/th)	14,51
	Rata-rata Panjang garis pantai yang mundur (m)	618,62
	Kemunduran maks. (m) (Transek ke)	965,73 (183)
	Kemunduran min. (m) (Transek ke)	0,52 (13)
	Rata-rata Perubahan Maju (m/th)	0
	Rata-rata Panjang garis pantai yang maju (m)	0
	Maju maksimal (m) (Transek ke)	0
	Maju min.(m) (Transek ke)	0
Tuban	Rata-rata Perubahan garis Pantai (m/th)	17,73
	Rata-rata Perubahan Mundur (m/th)	17,73
	Rata-rata Panjang garis pantai yang mundur (m)	756,00
	Kemunduran maks. (m) (Transek ke)	911,28 (201)
	Kemunduran min. (m) (Transek ke)	598,68 (265)
	Rata-rata Perubahan Maju (m/th)	0
	Rata-rata Panjang garis pantai yang maju (m)	0
	Maju maksimal (m) (Transek ke)	0
	Maju min.(m) (Transek ke)	0
Jenu	Rata-rata Perubahan garis Pantai (m/th)	14,43
	Rata-rata Perubahan Mundur (m/th)	14,43
	Rata-rata Panjang garis pantai yang mundur (m)	615,25
	Kemunduran maks. (m) (Transek ke)	946,88 (375)
	Kemunduran min. (m) (Transek ke)	140,35 (620)
	Rata-rata Perubahan Maju (m/th)	0
	Rata-rata Panjang garis pantai yang maju (m)	0
	Maju maksimal (m) (Transek ke)	0
	Maju min.(m) (Transek ke)	0
Tambak boyo	Rata-rata Perubahan garis Pantai (m/th)	11,09
	Rata-rata Perubahan Mundur (m/th)	11,09
	Rata-rata Panjang garis pantai yang mundur (m)	472,92
	Kemunduran maks. (m)	676,14



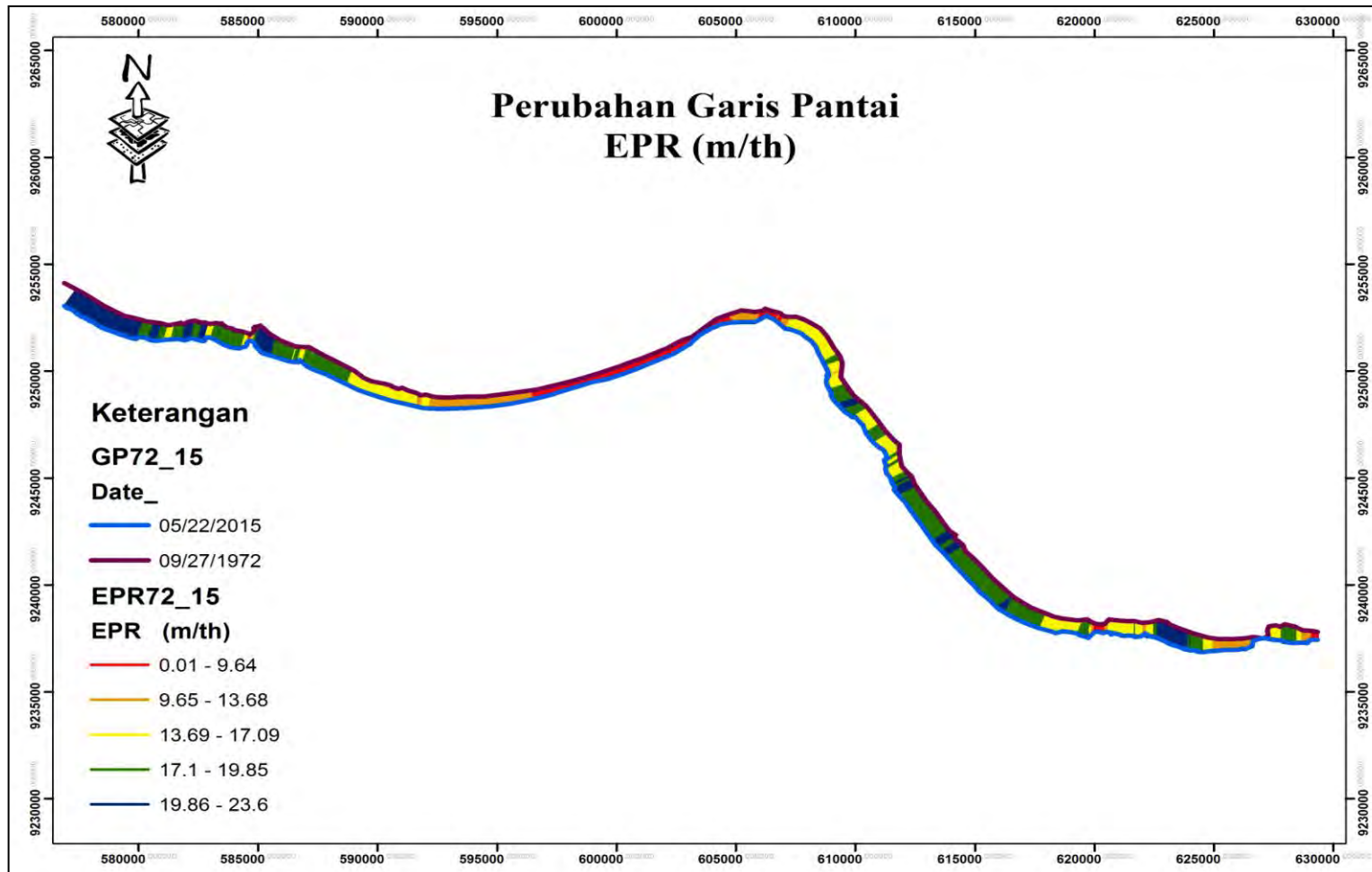
Pantai	Perubahan Garis pantai	1972-2015
	(Transek ke)	(931)
	Kemunduran min. (m) (Transek ke)	175,43 (808)
	Rata-rata Perubahan Maju (m/th)	0
	Rata-rata Panjang garis pantai yang maju (m)	0
	Maju maksimal (m) (Transek ke)	0
	Maju min.(m) (Transek ke)	0
Bancar	Rata-rata Perubahan garis Pantai (m/th)	18,65
	Rata-rata Perubahan Mundur (m/th)	18,65
	Rata-rata Panjang garis pantai yang mundur (m)	795,49
	Kemunduran maks. (m) (Transek ke)	1006,4 (1101)
	Kemunduran min. (m) (Transek ke)	360,37 (1088)
	Rata-rata Perubahan Maju (m/th)	0
	Rata-rata Panjang garis pantai yang maju (m)	0
	Maju maksimal (m) (Transek ke)	0
	Maju min.(m) (Transek ke)	0
Total Seluruhnya	Rata-rata Perubahan garis pantai (m/th) ( <i>EPR</i> )	15,24
	Rata-rata Perubahan Garis Pantai ( <i>NSM</i> )	650,11
	mundur maks. (m) ( <i>NSM</i> ) (Transek ke)	1006,4 (1101)
	Maju (m) ( <i>NSM</i> ) (Transek ke)	0,52 (13)

Pada Tabel 6.2 menunjukkan *EPR* (*End Point Rate*) yaitu dihitung dengan membagi jarak perubahan garis pantai dengan waktu tertua dan termuda menunjukkan terjadi rata-rata perubahan garis pantainya 15,24 m/th (pada tahun 1972-2015). *NSM* (*Net Shoreline Movement*) yaitu mengukur perubahan bersih (net) garis pantai berdasarkan jarak, bukan rata-rata. *NSM* ini dikaitkan dengan tanggal dan hanya dua garis pantai, yaitu jarak total garis pantai antara tahun tertua dan termuda pada masing-masing transek, menunjukkan pada tahun 1972 ke 2015 garis pantai mengalami kemunduran, dengan rata-rata sekitar 650,11 m, dengan kemunduran terpanjang 1006,4 m terdapat di wilayah Bancar.

Berdasarkan Tabel 6.4 dan Gambar 6.3 menunjukkan bahwa garis pantai di sepanjang Kabupaten Tuban dari tahun 1972 sampai 2015 mengalami kemunduran dengan rata-rata tingkat perubahan sebesar 15,23 m/th (*EPR*) dan 13.86 m/th (*LRR*). Penggabungan dengan menggunakan 5 garis pantai dapat menghitung *NSM*, *SCE*, *EPR* dan *LRR*, sedangkan penggabungan dengan menggunakan 2 garis hanya bisa menghitung *EPR* dan *NSM*.



Gambar 6.2 Perubahan Garis Pantai (NSM dalam m) tahun 1972 dan tahun 2015



Gambar 6.3 Perubahan Garis Pantai (EPR dalam m/th) tahun 1972 dan tahun 2015

Tabel 6.4 Perubahan Garis Pantai pada periode 1972-2015 (dengan menggabung 5 garis pantai pada tahun yang berbeda)

Pantai	Keterangan	Perubahan Garis pantai							
		NSM (m)		SCE (m)		EPR (m/th)		LRR (m/th)	
Palang	MIN (Transek ke-)	0.52	13	90.43	16	0.01	13	-0.75	12
	MAX Transek ke-)	965.73	183	965.73	183	22.64	183	20.85	183
	MEAN	618.62		628.94		14.51		13.00	
	SD					4.92		4.55	
Tuban	MIN (Transek ke-)	598.68	265	598.68	265	14.04	265	12.23	265
	MAX Transek ke-)	911.28	201	911.28	201	21.37	201	19.12	201
	MEAN	756.00		756.00		17.73		15.98	
	SD					1.99		1.95	
Jenu	MIN (Transek ke-)	140.35	620	140.35	620	3.29	620	2.35	620
	MAX Transek ke-)	946.88	375	946.88	375	22.20	375	20.13	375
	MEAN	614.43		618.10		14.41		13.07	
	SD					4.93		4.73	
Tambak boyo	MIN (Transek ke-)	310.83	858	368.27	827	7.29	858	7.22	858
	MAX Transek ke-)	676.14	931	676.14	931	15.85	931	14.31	931
	MEAN	474.83		502.68		11.13		10.53	
	SD					2.17		1.81	
Bancar	MIN (Transek ke-)	360.37	1088	424.90	1088	8.45	1088	7.49	1089
	MAX Transek ke-)	1006.40	1101	1006.40	1101	23.60	1101	21.25	1097
	MEAN	794.66		798.37		18.63		16.92	
	SD					2.58		2.36	
Total Seluruh Pantai	MIN (Transek ke-)	0.52	13	90.43	16	0.01	13	-0.75	12
	MAX Transek ke-)	1006.40	1101	1006.40	1101	23.60	1101	21.25	1097
	MEAN	649.69		657.15		15.23		13.86	
	SD					4.68		4.33	

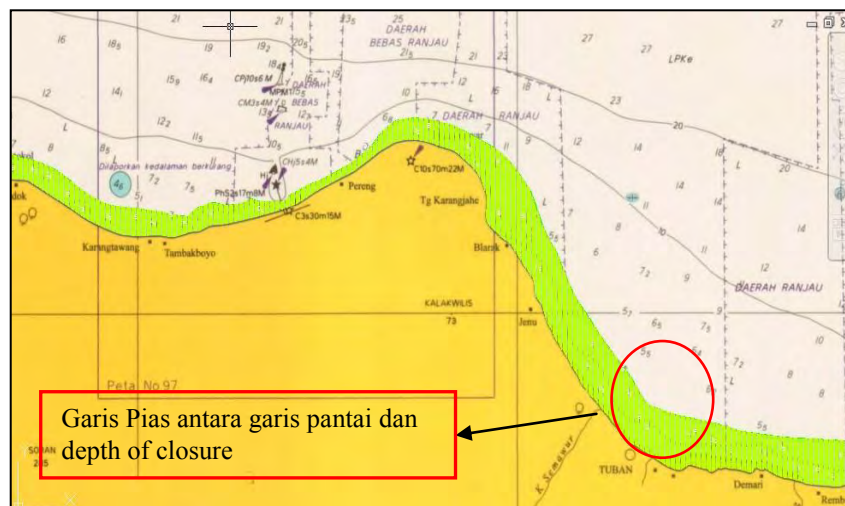


## 6.2 Perubahan Garis Pantai Akibat SLR

Berdasarkan hasil perhitungan DSAS menunjukkan kemunduran garis pantai pada di setiap garis pias. Maka untuk mempermudah menganalisa perubahan garis pantai akibat SLR maka lokasi penelitian dipilih 5 titik dan mewakili 5 kecamatan pantai di sepanjang pantai Kabupaten Tuban (Gambar 6.4 ) yaitu:

1. Kecamatan Bancar Desa Bogorejo: S 06 46' 48,8" dan E 111 46' 25,9"
2. Kecamatan Tambakboyo Desa Gadon: S 06 48'01.95" dan E 111 49' 56,85"
3. Kecamatan Jenu Desa Mentoso: S 06 48 14,47 dan E 111 59' 35,94"
4. Kecamatan Tuban Desa Sukolilo: S 06 53'35,35' dan E 112 04' 84"
5. Kecamatan Palang Desa Karang agung: S 06 53'93 dan E 112 09' 57"

Perubahan garis pantai akibat SLR ini menggunakan dua metode, yaitu Metode Bruun Rule dan Metode Hennecke. Peta yang digunakan sebagai prediksi perubahan garis pantai adalah peta batimetri tahun 2008 dan 2011 sebagai validasi. Gambar 6.5 merupakan hasil digitasi garis pantai dengan garis batimetri, menunjukkan posisi *depth of closure*



Gambar 6.5 Hasil digitasi garis pantai dan garis depth of closure dari peta batimetri 2008 yang sudah divalidasi dengan peta bathimetri 2011

Berikut merupakan beberapa komponen yang digunakan dalam perhitungan formula kedua metode.

- a. Nilai  $S$  atau kenaikan muka air laut merupakan nilai yang didapat dari kenaikan MSL yang sebelumnya telah dihitung dengan Metode Least Square pada Bab sebelumnya. Nilai  $S$  didapat dari akumulasi selisih tiap MSL per-tahunnya. Titik acuan awal berdasarkan data peta batimetri tahun 2008, dan akan divalidasi pada tahun 2011, sedangkan untuk prediksi dilakukan pada tahun 2050 dan 2100. Berikut Nilai  $S$  hasil perhitungan pada Tabel 6.5

Tabel 6.5 .Nilai  $S$  (kenaikan muka air laut)

Tahun	MSL (m)	$\Delta S$ (selisih/m)	Keterangan
2008	1.327	-	Data awal sebagai acuan/titik nol (0)
2011	1.399	0.10	Untuk Validasi
2050	2.335	1.03	Prediksi
2100	3.535	2.23	Prediksi

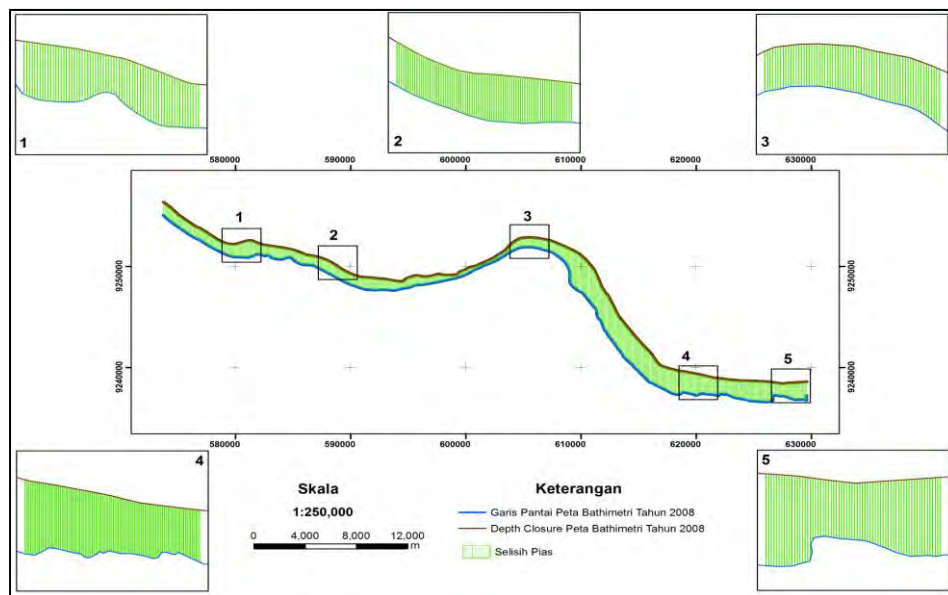
- b. Nilai  $B$  atau ketinggian pantai merupakan tinggi bukit pasir dari garis pantai. Data ini diperoleh dari pengukuran langsung dari lokasi studi, dimana nilai  $B$  adalah bervariasi pada masing-masing lokasi seperti pada Tabel 6.6

Tabel 6.6 Hasil Pengukuran Ketinggian Pantai Kabupaten Tuban

Kecamatan Pantai	Tinggi Lereng max (m)	Tinggi Lereng min (m)	Rata-rata Tinggi Lereng (m)
Bancar	11.1	1.3	4.2
Tambakboyo	8.3	1	3.6
Jenu	7.7	1	3.7
Tuban	8.3	2.2	4.8
Palang	7.1	1.3	3.8

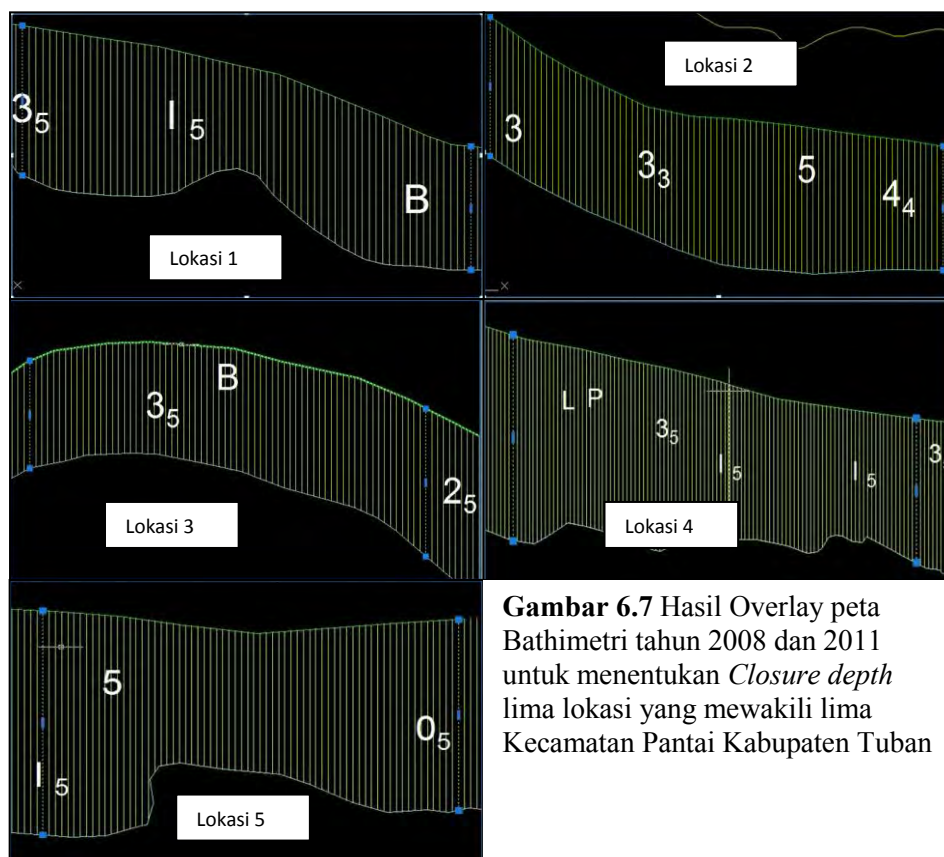
- c. Nilai  $L$  atau panjang profil pantai merupakan jarak yang dihitung dari titik *depth of closure* sampai dengan bibir pantai (shoreline). Nilai ini diukur dari garis pantai peta batimetri ke arah garis *depth of closure*, yang dibagi menjadi beberapa pias dengan jarak tiap pias adalah 50 m. Kemudian menentukan 5 lokasi yang mewakili masing-masing kecamatan dimana panjang pias dan luas pias masing-masing lokasi sebagai dasar analisa perubahan garis pantai mewakili 5 kecamatan pantai kabupaten Tuban seperti tampak pada Gambar 6.6





Gambar 6.6 Panjang Pias dan Luas Pias Lima Lokasi yang mewakili Lima Kecamatan Pantai Kabupaten Tuban

- d. Nilai  $h$  atau *closure depth* (Gambar 6.7) adalah kedalaman dasar profil laut dimana pertukaran transportasi sedimen di lepas pantai nilainya sangat kecil, sehingga sudah jarang terjadi pertukaran sedimen.



**Gambar 6.7** Hasil Overlay peta Bathimetri tahun 2008 dan 2011 untuk menentukan *Closure depth* lima lokasi yang mewakili lima Kecamatan Pantai Kabupaten Tuban

### 6.2.1 Analisa Perubahan Garis Pantai Metode Bruun Rule

Tabel 6.7 adalah hasil perhitungan kemunduran Garis Pantai (R) dengan metode Bruun pada 5 lokasi penelitian

Tabel 6.7 Hasil Perhitungan Kemunduran Garis Pantai (R) Bruun Rule pada 5 Lokasi penelitian

Lo- kasi	Rata- rata L (m)	Rata- rata h (m)	Rata- rata B (m)	2008	2011	2050	2100	2008	2011	2050	2100
				$\Delta S_{2008}$ (m/th)	$\Delta S_{2011}$ (m/th)	$\Delta S_{2050}$ (m/th)	$\Delta S_{2100}$ (m/th)	R <sub>2008</sub> (m)	R <sub>2011</sub> (m)	R <sub>2050</sub> (m)	R <sub>2100</sub> (m)
1	1064.197	5.0	6.1	0.024	0.10	1.03	2.23	2.39	9.96	102.54	222.00
2	1123.386	3.6	2.5	0.024	0.10	1.03	2.23	4.65	19.35	199.35	431.61
3	1005.508	5.0	3.8	0.024	0.10	1.03	2.23	2.87	11.96	123.19	266.71
4	1872.601	4.2	4.9	0.024	0.10	1.03	2.23	4.40	18.32	188.69	408.52
5	1579.677	5.0	3.6	0.024	0.10	1.03	2.23	4.49	18.70	192.59	416.97
Rata-rata										161.27	349.16

### 6.2.2 Analisa Perubahan Garis Pantai Metode Hennecke

Tabel 6.8 adalah hasil perhitungan kemunduran Garis Pantai (R) dengan metode Hennecke pada 5 lokasi penelitian

Tabel 6.8 Hasil Perhitungan Kemunduran Garis Pantai (R) Metode Hennecke pada 5 Lokasi penelitian

Lokasi	$\Delta A$ (m <sup>2</sup> )	2008	2011	2050	2050	2008	2011	2050	2100
		$\Delta S$ (m/th)	$\Delta S$ (m/th)	$\Delta S$ (m/th)	$\Delta S$ (m/th)	$\Delta V_{tot}$ (m <sup>3</sup> )	$\Delta V_{tot}$ (m <sup>3</sup> )	$\Delta V_{tot}$ (m <sup>3</sup> )	$\Delta V_{tot}$ (m <sup>3</sup> )
1	53223.34693	0.024	0.1	1.03	2.23	1277.36	5322.33	54820.05	118688.06
2	56198.32757	0.024	0.1	1.03	2.23	1348.76	5619.83	57884.28	125322.27
3	50234.197	0.024	0.1	1.03	2.23	1205.62	5023.42	51741.22	112022.26
4	93548.93869	0.024	0.1	1.03	2.23	2245.17	9354.89	96355.41	208614.13
5	78770.580	0.024	0.1	1.03	2.23	1890.49	7877.06	81133.70	175658.39
				$\Delta L$ (m)	$\Delta D$ (m)	2008	2011	2050	2100
						R <sub>2008</sub> (m)	R <sub>2011</sub> (m)	R <sub>2050</sub> (m)	R <sub>2100</sub> (m)
				200	6.11	1.05	4.35	44.85	97.11
				200	2.51	2.69	11.21	115.51	250.07
				200	3.81	1.58	6.59	67.84	146.88
				200	4.86	2.31	9.62	99.06	214.48
				200	3.56	2.65	11.05	113.86	246.51
Rata-rata								88.22	191.01

Metode Hennecke (2000) menambahkan perhitungan luas daerah yang ditinjau untuk melakukan prediksi perubahan garis pantai. Dimana  $\Delta L$  adalah panjang pantai yang tererosi 200 meter diukur langsung di lapangan melalui wawancara dengan penduduk asli (berusia 50 tahun keatas) yang merasa tanahnya berkurang antara 100 – 200 meter (dianggap sama), nilai panjang pantai tererosi

ini sesuai dari hasil perhitungan analisa DSAS 2013 ke 2014 menunjukkan rata-rata perubahan garis pantai antara 146,88 sampai 200,69 meter. *D* juga diukur langsung dilapangan, dimana tiap luas piasnya berbeda-beda. Tabel 6.8 adalah hasil perhitungan kemunduran Garis Pantai (*R*) dengan metode Hennecke pada 5 lokasi penelitian.

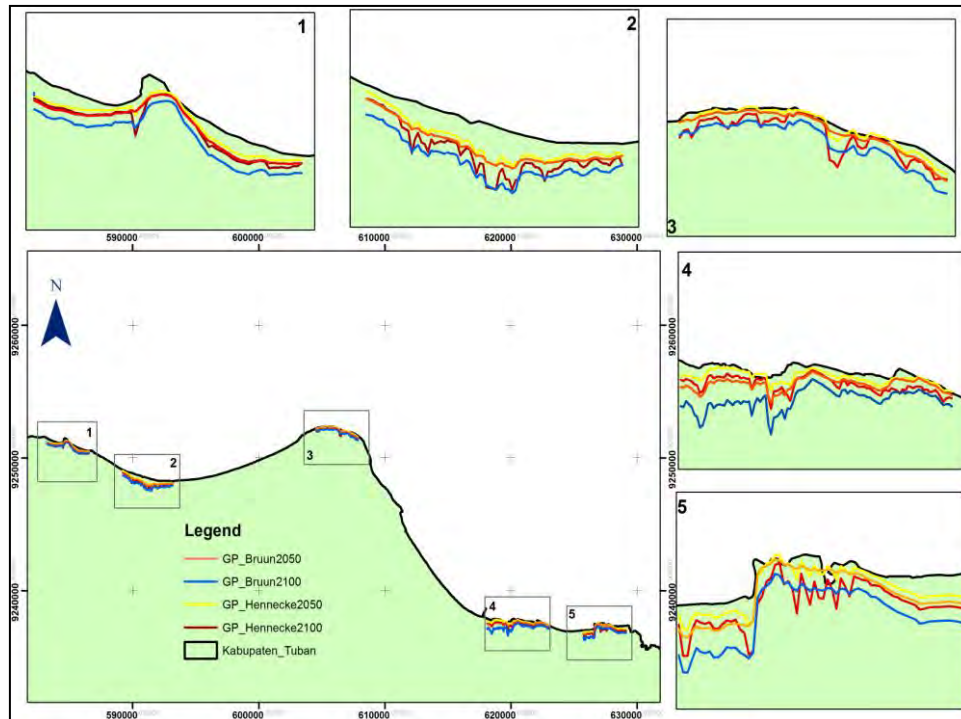
### 6.2.3 Validasi Model

Validasi dilakukan untuk mengetahui berapa error atau kesalahan yang diperoleh saat melakukan prediksi dengan kedua metode diatas. Tabel 6.9 perhitungan error dari setiap piasnya

Tabel 6.9 Perhitungan Error Perubahan Garis Pantai Kabupaten Tuban  
Metode Bruun Rule dan Hennecke

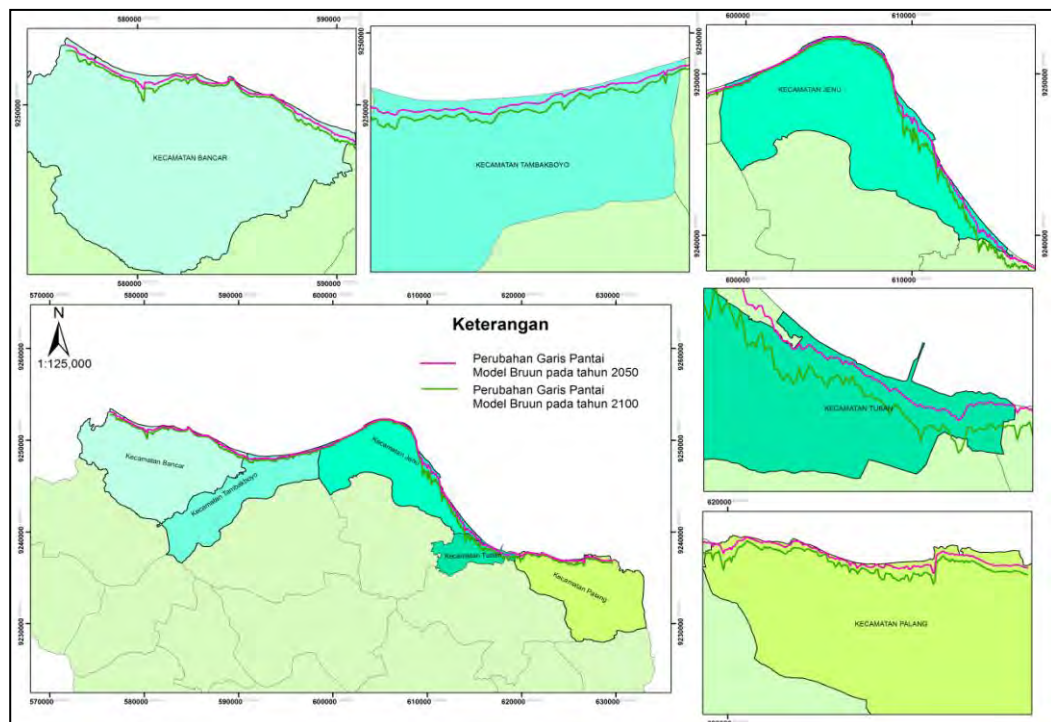
Lokasi	Perbandingan Error setiap Pias	
	Bruun Rule	Hennecke
1	0.474	0.369
2	0.548	0.376
3	0.090	0.052
4	0.309	0.163
5	0.464	0.370
<i>% Error</i>	0.377	0.245

Pada perhitungan Tabel 6.9 menunjukan perhitungan error dari setiap piasnya metode Hennecke memiliki nilai error sebesar 0.245 %. Nilai error ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai error pada metode Bruun, sebesar 0,377%. Sehingga prediksi perubahan garis pantai untuk tahun-tahun berikutnya menggunakan prediksi dengan metode Hennecke. Pada Gambar 6.8 menunjukan perubahan garis pantai metode Bruun Rule dan Hennecke pada tahun 2050 dan 2100.

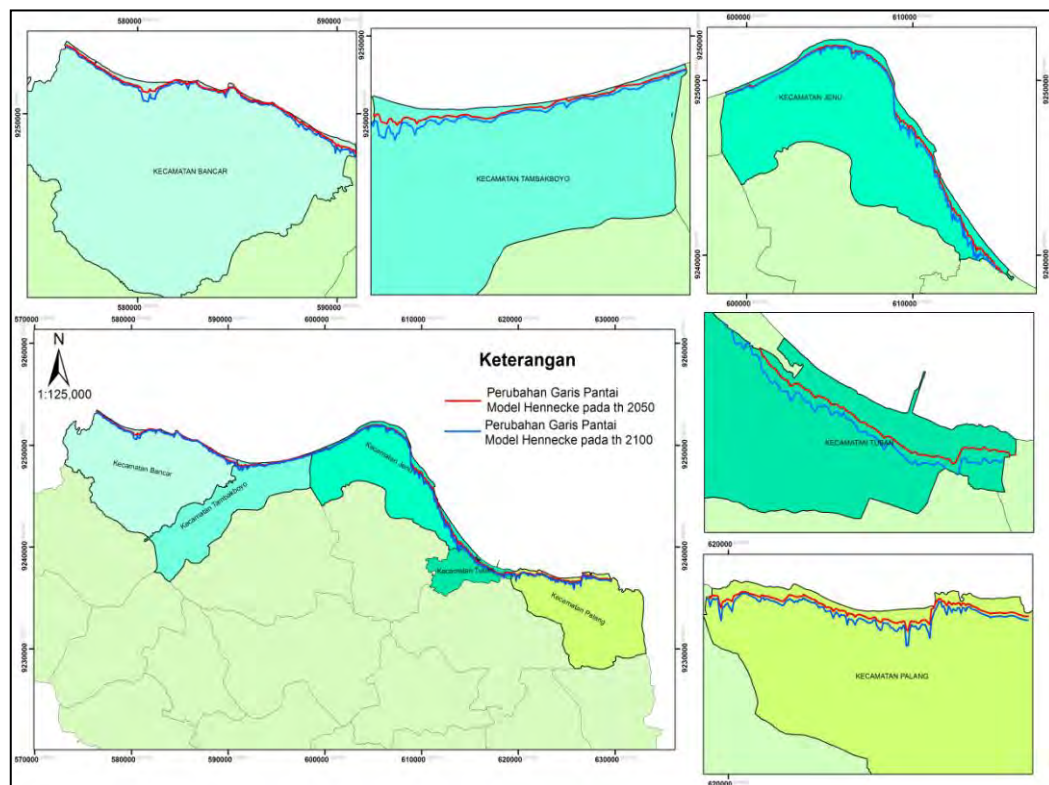


Gambar 6.8 Prediksi Perubahan garis Pantai Model Bruun dan Hennecke Tahun 2050 dan 2100 (Pada 5 Lokasi Penelitian)

Prediksi Perubahan Garis Pantai dari seluruh panjang pantai dengan Model Bruun dan Hennecke (Gambar 6.9 dan 6.10)



Gambar 6.9 Prediksi Perubahan garis pantai Model Bruun Tahun 2050 dan 2100 (Sepanjang Pantai kabupaten Tuban)



Gambar 6.10 Prediksi Perubahan garis pantai Model Hennecke Tahun 2050 dan 2100 (Sepanjang Pantai kabupaten Tuban)

## **BAB VII**

### **PREDIKSI KERUGIAN EKONOMI TERHADAP DAMPAK KENAIKAN MUKA AIR LAUT**

Dalam Bab ini membahas prediksi kerugian ekonomi terhadap dampak kenaikan muka air laut (*sea level rise*/SLR). Adapun tahapan perhitungan kerugian ekonomi yang akan dilakukan adalah (1) membuat peta dampak SLR berupa Peta kemunduran garis pantai model hennecke dan peta genangan untuk dapat mensimulasikan besarnya dampak yang terjadi dengan asumsi wilayah pesisir pantai Kabupaten Tuban tidak ada tindakan proteksi, (2) menentukan acuan nilai PDB per unit luas tanah berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha serta harga jual tanah pada tahun 2050 dan 2100, (3) Melakukan estimasi kerugian ekonomi terhadap seluruh aset di wilayah pesisir dan sumberdaya pesisir khususnya mangrove, lokasi budidaya dan pasir laut.

#### **7.1 Peta Dampak SLR**

##### **7.1.1 Peta Dampak Kemunduran Garis Pantai akibat SLR**

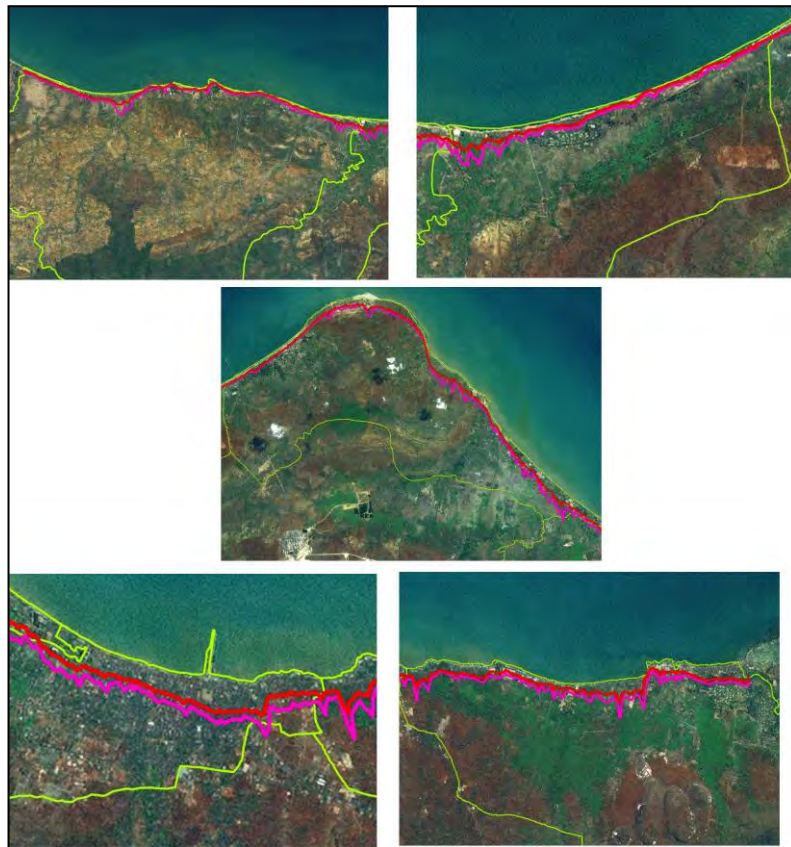
Berdasarkan hasil validasi model dengan menggunakan metode error terkecil, maka Metode Hennecke yang memiliki nilai lebih kecil (0,245%) dibandingkan Metode Bruun (0,377%). Maka perhitungan kerugian dampak dari perubahan garis pantai menggunakan metode Hennecke.

Membuat peta dampak SLR untuk peta kemunduran garis pantai model hennecke dalam format .shp untuk dapat di overlay dengan peta penggunaan lahan eksisting, yaitu dengan cara (1) melakukan digitasi perubahan garis pantai (PGP) model Hennecke dengan menggunakan autocad. Sumberdata garis pantai acuan adalah garis pantai peta bathimetri tahun 2008 dan data yang dimasukkan merupakan data kemunduran garis pantai 2050 dan 2100, (2) hasil digitasi di ekspor ke format .shp untuk dilakukan overlay dengan peta landuse, (3) menghitung luasan dampak dengan cara melakukan overlay data luas dampak SLR dengan peta penggunaan lahan eksisting dengan menggunakan Arc-Gis.

Gambar 7.1 merupakan prediksi perubahan garis pantai dengan Metode Hennecke yang sudah di-*overlay*-kan dengan citra resolusi tinggi google



earth dan Tabel 7.1 menunjukkan luas lahan terkena dampak kemunduran garis pantai Model Hennecke.



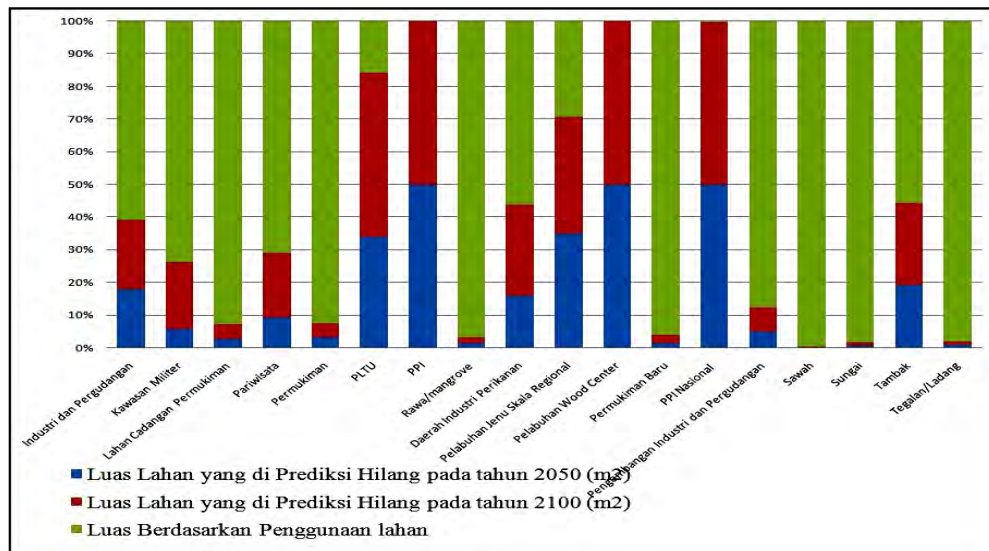
Gambar 7.1 Prediksi Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Akibat Kenaikan Muka Air Model Hennecke pada tahun 2050 (merah) dan pada tahun 2100 (merah muda) di Overlay dengan Citra Resolusi Tinggi Google Earth

Tabel 7.1 Luas dan Persentase Lahan yang Terkena Dampak Kemunduran Garis Pantai Model Hennecke

Tahun	Rata-rata Kemunduran Garis Pantai (m)	Luas lahan yang Hilang (m <sup>2</sup> )	Persentase Rata-rata Lahan Hilang/ LuasDesa	Persentase Rata-rata Lahan Hilang /LuasKecamatan	Persentase Rata-rata lahan Hilang /Luas Kabupaten
2050	88,22	16.140.631,571	22,82%	0,26%	0,017%
2100	161,01	23.324.606,539	31,06%	0,37%	0,024%

Berdasarkan landuse eksisting menunjukkan bahwa lahan-lahan strategis bidang perikanan dan kelautan yang terkena dampak kemunduran garis pantai akibat SLR (Gambar 7.2), yaitu PPI (100%) dan PPI Nasional (99,99%), dan Tambak (31,15%).

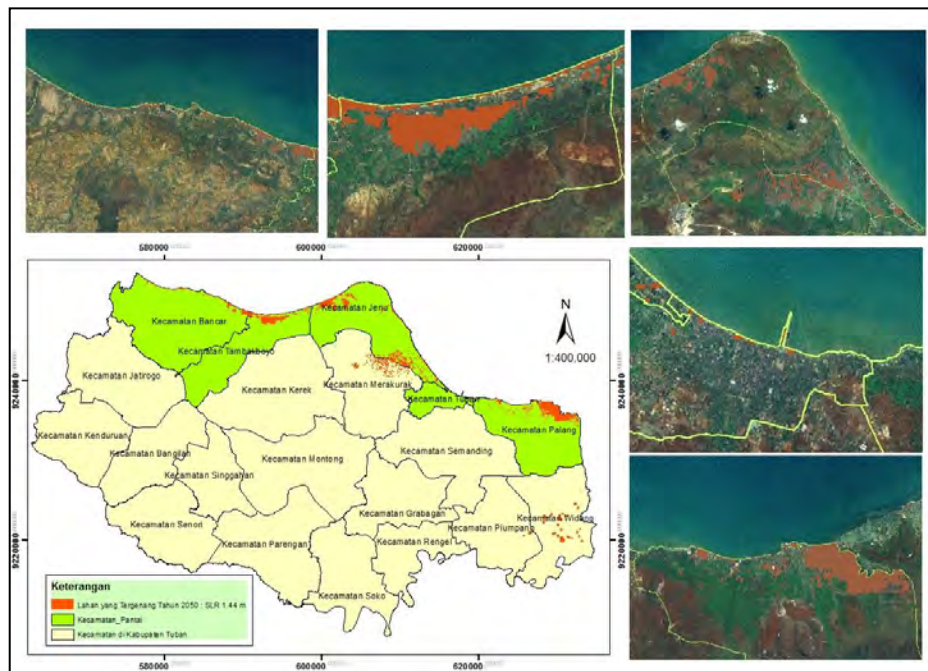




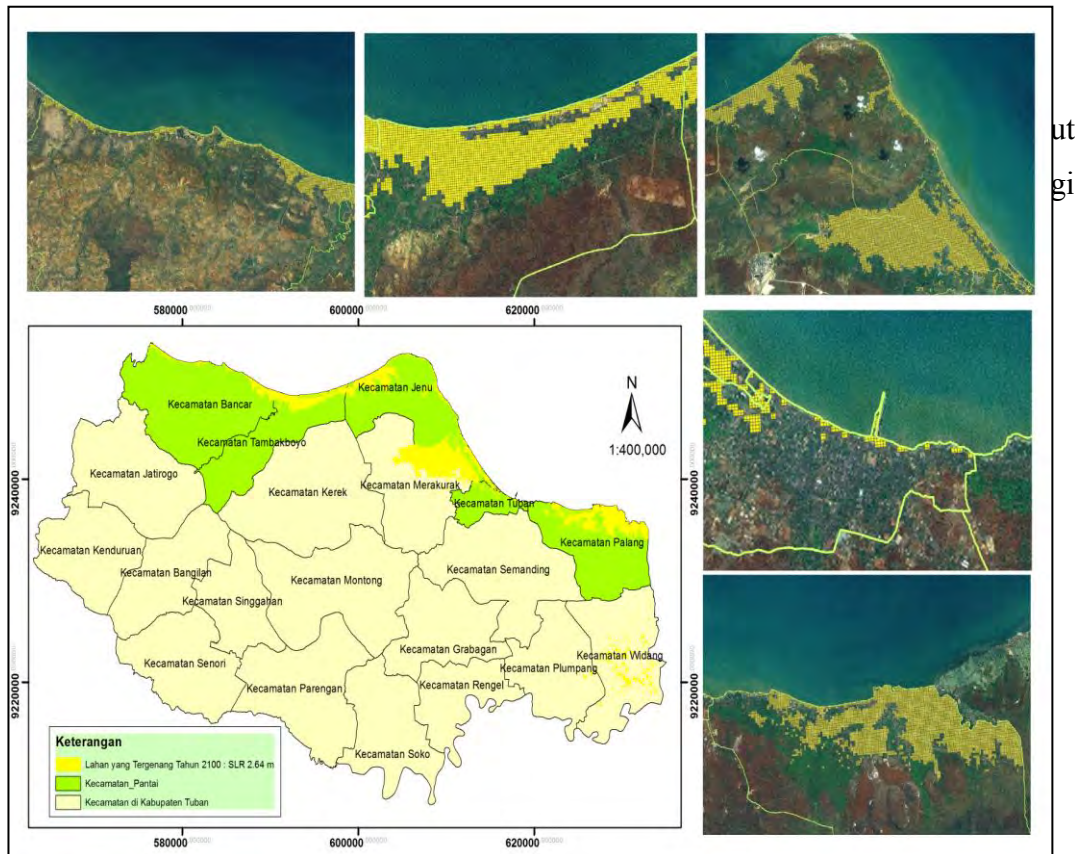
Gambar 7.2 Luas Lahan yang Hilang karena Kemunduran Garis Pantai pada Tahun 2050 dan 2100 berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan Eksisting

### 7.1.2 Peta Dampak Genangan akibat SLR

Membuat peta dampak SLR untuk Peta Genangan dengan cara: (1) Melakukan koreksi titik ketinggian (*spot height*) dari citra DEM SRTM Wilayah Tuban (2) memodelkan dampak genangan dengan menggunakan data prediksi SLR Tuban dan hasil koreksi titik ketinggian sebagai data inputan dalam software Er-Mapper (Lampiran 7.6). Prediksi Daerah Tergenang pada tahun 2050 dan 2100 untuk wilayah kabupaten Tuban pada Gambar 7.3 dan Gambar 7.4.



Gambar 7.3 Prediski Daerah Tergenang Akibat Kenaikan Muka Air Laut pada Tahun 2050 di Overlay dengan Citra Reolusi Tinggi Google Earth

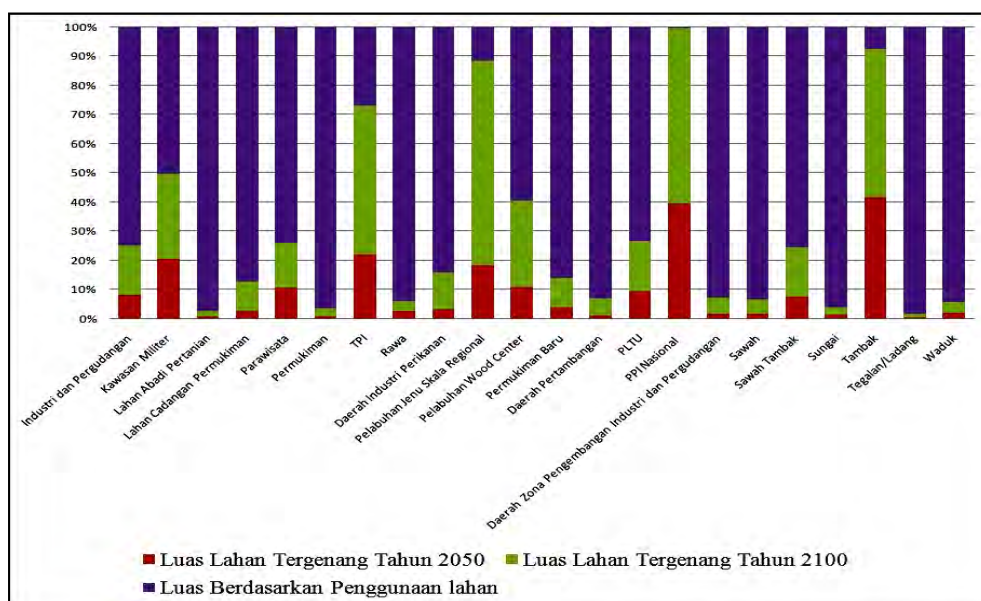


Gambar 7.4 Prediksi Daerah Tergenang Akibat Kenaikan Muka Air Laut pada Tahun 2100 di Overlay dengan Citra Resolusi Tinggi Google Earth

Tabel 7.2 Luas dan Persentase Lahan yang Tergenang Akibat Dampak SLR

Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)	Luas lahan yang Tergenang (m <sup>2</sup> )	Persentase Rata-Rata Luas Lahan Tergenang/Luas Desa	Persentase Rata-Rata Luas Lahan Tergenang/Luas Kecamatan	Persentase Rata-Rata Luas Lahan Tergenang/Luas Kabupaten
2050	1,44	30.102.134,636	10,04%	0,24%	0,016%
2100	2,64	71.396.054,437	25,36%	0,57%	0,037%

Jika dilihat dari tipe penggunaan lahan maka beberapa lahan potensial seperti sawah, tambak, pemukiman juga terkena dampak genangan akibat SLR seperti ditunjukkan pada Gambar 7.5, infrastruktur di bidang perikanan dan kelautan terkena dampak genangan terbesar adalah PPI Nasional, pelabuhan Jenu skala regional, TPI, pada tahun 2100 di atas 65%, sedangkan untuk kegiatan bidang perikanan yaitu tambak menunjukkan tergenang 71.57% pada tahun 2050 dan 87% pada tahun 2100.



Gambar 7.5 Luas Lahan yang Tergenang pada Tahun 2050 dan 2100 berdasarkan Tipe Penggunaan Lahan Eksisting

## 7.2 Acuan Nilai PDB per unit luas tanah dan Nilai Tanah

Untuk memperoleh hasil yang lebih akurat dalam perhitungan ekonomi, diperlukan beberapa indikator. Oleh karena itu perlu dipilih indikator yang tepat dalam melakukan perhitungan kerugian ekonomi sehingga dapat mencerminkan proses secara kuantitatif dan dan konsekuensi dari dampak dari SLR. Adapun indikator yang digunakan dalam menghitung kerugian ekonomi tersebut antara lain seperti pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Indikator Penilaian Kerugian Ekonomi Dampak dari SLR

Obyek Penilaian	Penilaian Utama	Indikator	Satuan	Data sumber
Kerugian Ekonomi Kabupaten Tuban	Dampak Langsung	Luas Daerah tergenang (TG)	m <sup>2</sup>	Hasil prediksi SLR dari data pasang surut 1985-2015
		Kemunduran Garis Pantai(TM)	m	Hasil Analisa Hennecke
	Dampak Tidak langsung	Nilai Tanah (Nt)	Rupiah/ m2	Harga Tanah 2010 – 2015 (Data Desa)
		PDB per unit tanah (Pt)	Rupiah/m2	PDRB 2010-2015, BPS Tuban dan Analisa

### (1) PDB per unit tanah (rupiah/m2)

Jika daerah yang mempunyai nilai lebih tinggi dari nilai PDB per unit tanahnya maka akan mengalami kerugian yang lebih besar.

Untuk memperoleh nilai PDB per unit luas lahan ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100, maka berdasarkan nilai PDRB Kabupaten Tuban Atas Dasar Harga Berlaku (ADHB) tahun 2010-2015 dilakukan prediksi dengan menggunakan persamaan linier. Hasil prediksi PDRB untuk tahun 2050 dan 2100 ditunjukkan pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Persamaan Linier dan Prediksi PDRB Atas Dasar Harga Berlaku Menurut Pemanfaatan tanah dan Lapangan Usaha Tahun 2050 dan 2100 di kabupaten Tuban

No	Lapangan Usaha	Persamaan Linier	Prediksi (Juta rupiah)	
			2050	2100
1	Pertanian, Kehutanan dan perikanan	$y = 99300x - 2.10^9$	13.759.099	18.724.099
2	Pertambangan dan penggalian	$y = 39646x - 8.10^8$	5.842.898	7.825.198
3	Industri Pengolahan	$y = .10^6x - 2.10^9$	48.650.992	98.650.992
4	Pengadaan Listrik, Gas dan Air Bersih	$y = 3980x - 8.10^6$	212.057	411.057
5	Konstruksi	$y = 53026x - 10^9$	8.348.044	10.999.344
6	Perdagangan, Hotel dan Restoran	$y = 54526x - 10^9$	8.315.719	11.042.019
7	Pengangkutan dan Komunikasi	$y = 16874x - 3.10^8$	2.969.523	3.813.223
8	Keuangan, Real estate dan Jasa perusahaan	$y = 18114x - 4.10^8$	2.969.523	3.307.197
9	Jasa-jasa	$y = 20963x - 4.10^8$	3.428.708	4.476.858
PDRB			94.496.567	159.249.991

Berdasarkan persamaan linier tersebut maka dapat diprediksi nilai PDB tanah per  $m^2$  berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha di Kabupaten Tuban untuk Tahun 2050 dan 2100 seperti pada Tabel 7.5 dan 7.6.

Tabel 7.5 Prediksi Nilai PDB Tanah per  $m^2$  berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha di Kabupaten Tuban pada Tahun 2050

No	Klasifikasi berdasarkan pemanfaatan dan lapangan usaha	Prediksi PDRB atas dasar harga berlaku menurut Lapangan Usaha (juta rupiah) Tahun 2050	Luas Lahan ( $m^2$ )	PDB tanah per $m^2$ (juta rupiah) pada tahun 2050
1	Tanah untuk pertanian, kehutanan dan perikanan	13.759.099	1.623.251.849,65	0,008476
2	Tanah untuk industri dan pengolahan	48.650.992	38.440.179,48	1,265629
3	Tanah untuk pertambangan	5.842.898	56.784.937,67	0,102895
4	Tanah untuk pengadaan utilitas	212.057	788.572,78	0,268913
5	Tanah untuk perkotaan	8.348.044	258.426.473,65	0,032303
6	Tanah untuk jasa	3.428.708	438.738,59	7,814923
7	Tanah Untuk Water Area	0	21.105.079,56	0

Tabel 7.6 Prediksi Nilai PDB Tanah per m<sup>2</sup> berdasarkan pemanfaatan tanah dan lapangan usaha di Kabupaten Tuban pada Tahun 2100

No	Klasifikasi berdasarkan manfaat dan lapangan usaha	Prediksi PDRB atas dasar harga berlaku menurut Lapangan Usaha (juta rupiah) Tahun 2100	Luas Lahan (m <sup>2</sup> )	PDB tanah per m <sup>2</sup> (juta rupiah) pada tahun 2100
1	Tanah untuk pertanian, kehutanan dan perikanan	18.724.099	1.623.251.849,65	0,011535
2	Tanah untuk industri dan pengolahan	98.650.992	38.440.179,48	2,566351
3	Tanah untuk pertambangan	7.825.198	56.784.937,67	0,137804
4	Tanah untuk pengadaan utilitas	411.057	788.572,78	0,521268
5	Tanah untuk perkotaan	10.999.344	258.426.473,65	0,042563
6	Tanah untuk jasa	4.476.858	438.738,59	10,203931
7	Tanah Untuk Water Area	0	21.105.079,56	0

Sumber: Hasil Pengolahan Data. 2016

(2) Nilai Market (Harga Jual) Tanah.

Semakin tinggi nilai tanah suatu wilayah maka kerugian yang ditanggung semakin besar.

Prediksi harga pasar tanah per m<sup>2</sup> pada tahun 2050 dan 2100 dilakukan dengan menggunakan persamaan linier dari harga tanah rata-rata pada tahun 2010 – 2015. Hasil menunjukkan persamaan  $y = 17000x - 10333$  untuk daerah yang jauh dari pemukiman dan bukan daerah industri. sedangkan untuk daerah pemukiman, industri atau dekat dengan jalan raya menggunakan persamaan  $y = 28571x + 16667$ . sehingga harga tanah pada tahun 2050 dan 2100 dapat dilihat pada Tabel 7.7

Tabel 7.7 Prediksi Nilai Tanah pada Tahun 2050 dan 2100

Nilai Tanah/m <sup>2</sup> Tahun 2015 (Rupiah)	Nilai Tanah/m <sup>2</sup> Tahun 2050 (Rupiah)	Nilai Tanah/m <sup>2</sup> Tahun 2100 (rupiah)
100.000	695.000	1.545.000
200.000	795.000	1.645.000
500.000	1.095.000	1.945.000
1.000.000	1.997.500	3.422.500
2.000.000	2.997.500	4.422.500
5.000.000	5.997.500	7.422.500

### **7.3 Prediksi Kerugian Ekonomi**

#### **7.3.1 Terhadap seluruh Aset Wilayah Pesisir**

Prediksi total kerugian ekonomi akibat kemunduran garis pantai sebesar 26.456.954,- s.d. 32.002.051,- (juta rupiah) pada tahun 2050, sedang pada 2100 sebesar 66.532.754,- s.d. 88.842.551,- (juta rupiah). Kerugian PDB per luas tanah terbesar adalah tanah yang digunakan untuk kegiatan industri dan pengolahan. terdapat di kecamatan Jenu.

Prediksi total kerugian ekonomi akibat genangan sebesar 41.784.228,- s.d. 56.092.878,- (juta rupiah) pada tahun 2050 dan tahun 2100 sebesar 80.768.152,- s.d. 111.937.170,- (juta rupiah).

#### **7.3.2 Terhadap Sumberdaya Pesisir**

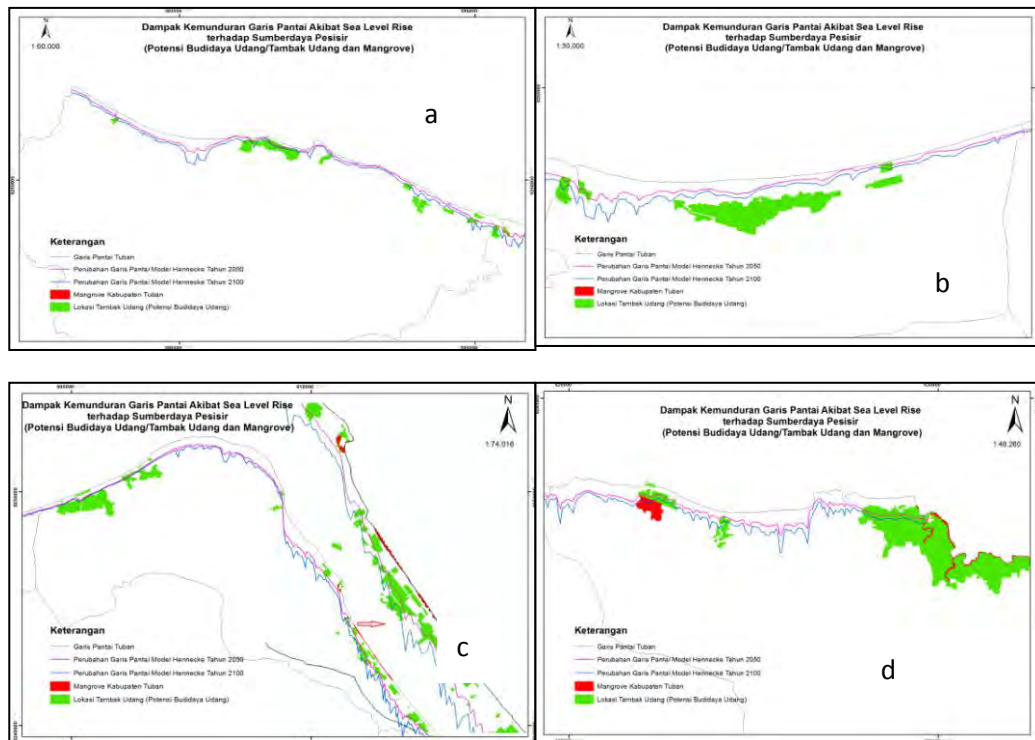
Sumberdaya pesisir merupakan bagian dari proses produksi untuk menghasilkan output (PDB). Oleh karena itu perlu adanya perhitungan kerugian ekonomi terhadap sumberdaya pesisir ini terkena dampak dari SLR akibat perubahan iklim. Dalam penelitian ini yang dimaksud sumberdaya pesisir adalah sumberdaya mangrove dan sumberdaya ikan (sumberdaya yang dapat diperbaharui). sedang yang tidak dapat diperbaharui antara lain pasir laut.

Kerugian ekonomi dari sumberdaya mangrove dihitung dari luas kawasan mangrove yang terkena dampak SLR. sedangkan sumberdaya ikan (dalam hal ini udang) dihitung dari besarnya kawasan tambak yang terkena dampak. Sedangkan pasir laut dilihat penggunaan pasir laut sebagai bahan bangunan di wilayah pesisir. sehingga kerugian ekonomi besarnya luas infrastruktur bidang perikanan dan kelautan yang terkena dampak.

Sumberdaya mangrove. dan perikanan budidaya (sumberdaya udang) sama-sama memiliki resiko tinggi terhadap perubahan iklim. Dalam penelitian ini. perhitungan ekonomi dihitung berdasarkan akibat kemunduran garis pantai. Dengan asumsi jika kawasan mangrove atau tambak hanya terendam maka kegiatan operasional masih tetap berlangsung. Dan ini berbeda jika lahan tersebut hilang karena kemunduran garis pantai. maka seluruh kegiatan ekonomi yang ada akan terhenti. begitupula dampak kemunduran terhadap infrastruktur yang mendukungnya.

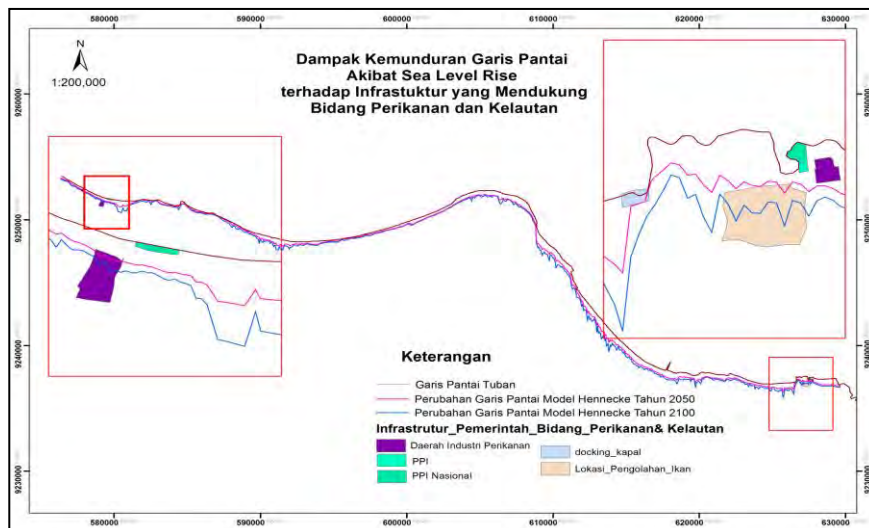


Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 7.6. untuk 4 kecamatan pantai yang mempunyai tambak dan mangrove.



Gambar 7.6 Posisi Tambak Udang dan Mangrove Terhadap Perubahan Garis Pantai Akibat SLR pada Tahun 2050 dan 2100 (a) Bancar. (b) Tambakboyo. (c) Jenu. (d) Palang

Dan untuk posisi infrastruktur bidang perikanan dan kelautan (Gambar 7.7)



Gambar 7.7 Posisi Infrastruktur Bidang Perikanan dan Kelautan Terhadap Perubahan Garis Pantai Akibat SLR pada Tahun 2050 dan 2100



#### a. Mangrove

Berdasarkan hasil identifikasi di lokasi penelitian. manfaat langsung dari kawasan mangrove dihitung berdasarkan potensi kayu, manfaat penangkapan ikan/kepiting, budidaya, wisata mangrove, penelitian dan pendidikan.

Dari hasil survey di lokasi penelitian kawasan mangrove seluas 119.98 ha dengan rata-rata diameter pohon untuk kawasan konservasi mangrove mempunyai rata-rata diameter 10 -15 cm, sedang untuk daerah palang rata-rata diameter 25-30 cm (Gambar 7.8). maka berdasarkan metode Meyer volume total (termasuk kulit kayu) dengan rata-rata diameter 25 cm adalah 0.4989 (FAO,1994 *dalam* Kustanti, 2011).



Gambar 7.8 Kawasan Mangrove di Kabupaten Tuban (Kecamatan jenu (a) dan kecamatan Palang (b))

Tabel 7.8 Manfaat Langsung Berdasarkan Potensi Pohon

Biaya/Harga	Satuan	Nilai
Harga kayu Mangrove	Rp/m <sup>3</sup>	150.000
Biaya Operasional	Rp/m <sup>3</sup>	55.000
Laba Kotor	RP/m <sup>3</sup>	95.000
Produksi Kayu/ha	m <sup>3</sup>	59,86
Luas lahan Mangrove	ha	119,98
Poduksi total	m <sup>3</sup>	7.181
Nilai kayu	Rp	682.267.720

Dari Tabel 7.8 terlihat bahwa dengan memperhitungkan biaya operational untuk penebangan dan pengangkutan sebesar Rp 55.000/m<sup>3</sup> maka didapatkan nilai ekonomi mangrove sebagai produsen kayu log adalah Rp. 682.267.720,-.

Manfaat mangrove untuk daerah penangkapan ikan hanya di kawasan mangrove kecamatan palang dilakukan dengan menggunakan peralatan yang tergolong sederhana seperti pancing dan jaring. Penangkapan ini juga dilakukan dengan menggunakan armada penangkapan yang sederhana berupa perahu

berukuran kecil/sampan yang dilengkapi dengan mesin kapal berkekuatan kecil. sesuai dengan luas sungai sepanjang kawasan mangrove. Nilai manfaat bersih penangkapan ikan mencapai Rp. 476.280.000,- (Tabel 7.9)

Tabel 7.9. Nilai Manfaat Langsung Hasil Penangkapan Ikan di Kecamatan Palang

Biaya/Harga	Satuan	Nilai
Tangkapan Ikan	Kg/trip	5.80
Harga Jual Ikan	Rp/kg	20.000
Biaya Operasional	Rp/kg	18.000
Laba Kotor	Rp/trip	98.000
Frekuensi Penangkapan	trip/th/orang	324.00
Jumlah nelayan	orang	15
Nilai Manfaat Penangkapan/th	Rupiah	476.280.000

Manfaat mangrove untuk mengairi daerah tambak garam di kecamatan palang memperoleh nilai sebesar Rp. 84.086.836.- (Tabel 7.10)

Tabel 7.10. Nilai Manfaat Langsung Lahan Tambak Garam di Kecamatan Palang

Biaya/Harga	Satuan	Nilai
Harga Garam	Rp/kg	550
Produksi/ha	kg	2.408
Produksi Total	kg	1.324.785
Biaya Operasional	Rp/ha	1.000.000
Laba Kotor	Rp/m2	324.785
Luas lahan Tambak Garam	ha	258
Nilai Pemanfaatan Tambak garam	Rp	84.086.836

Manfaat sebagai penelitian dan pendidikan di peroleh dari besarnya nilai menelitian dan pendidikan yang telah dikeluarkan. Berdasarkan survey di lapangan pada tahun 2014. kegiatan penelitian dan pendidikan di mangrove center Jenu sebesar 150 juta rupiah

Manfaat tidak langsung dari hutan mangrove sebagai penahan abrasi disetimasi melalui *replacement cost* dengan pembangunan bangunan pemecah gelombang (break water). Menurut data Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tuban (2013) untuk membuat bangunan *seawall* dengan ukuran 50 m x 2 m x 2.5 m (p x l x t) dengan daya tahan 5 tahun diperlukan biaya sebesar Rp 150.755.775,- atau sekitar Rp 3.015.116,- per meter. Panjang garis pantai yang dilindungi hutan mangrove yaitu 3.706,78 meter. Nilai dari biaya pembuatan *seawall* tersebut kemudian dikalikan dengan panjang garis pantai yang terlindungi hutan mangrove. yaitu sepanjang 3.706,78 meter. Hal ini dikarenakan *seawall* tersebut

sudah dapat menggantikan fungsi dari hutan mangrove sebagai pelindung ombak pada sepanjang garis pantai. sehingga manfaat tidak langsung mangrove sebagai penahan abrasi adalah sebesar Rp. 11.176.369.833,- . Nilai tersebut kemudian dibagi 5 guna mendapatkan nilai per tahunnya. Dengan demikian manfaatnya adalah sebesar Rp 2.235.273.966,- per tahun.

Manfaat pilihan pada ekosistem mangrove yang ada dapat didekati dengan menggunakan metode benefit transfer. Metode tersebut didekati dengan cara menghitung dari manfaat keanekaragaman hayati (biodiversity) yang ada pada kawasan mangrove ini. Menurut Ruitenbeek (1991) dalam Fahrudin (1996) hutan mangrove Indonesia mempunyai nilai biodiversity sebesar US\$15 per ha per tahunnya. Nilai ini dapat dipakai diseluruh hutan mangrove yang ada di seluruh wilayah Indonesia apabila ekosistem hutan mangrovenya secara ekologis penting dan tetap terpelihara secara alami. Nilai total dari manfaat *biodiversity* ini didapat dengan cara mengalikan nilai manfaatnya yaitu US\$15 per ha per tahun dengan nilai tukar rupiah terhadap dolar AS yaitu Rp 13.210,- (pada 15 Oktober 2015). sehingga didapat nilai sebesar Rp 198.150,- Hasil tersebut dikalikan dengan luas total dari ekosistem hutan mangrove yang ada saat ini yaitu seluas 119.98 ha. Dengan demikian nilai total dari manfaat *biodiversity* pada hutan mangrove di Kabupaten Tuban sebesar Rp 23.774.037,- per tahun.

Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan masing-masing jenis manfaat maka Tabel 7.11 menunjukkan total nilai manfaat.

Tabel 7.11 Nilai Manfaat Total Kawasan Mangrove

Jenis manfaat	Nilai Manfaat (Rp/th)	Persentase
Manfaat langsung		
potensi kayu	682.267.720	
manfaat tambak garam	84.086.836	
manfaat penangkapan ikan/kepiting	476.280.000	
manfaat penelitaan dan pendidikan	150.000.000	
	1.392.634.557	38.14%
Manfaat tidak langsung	2.235.273.966	61.21%
Manfaat pilihan	23.774.037	0.65%
	3.651.682.560	100.00%

Berdasarkan Tabel 7.11 maka diketahui nilai manfaat total secara ekonomi dari mangrove di kabupaten Tuban sebesar Rp 3.651.682.560,- pertahunnya. Berdasarkan nilai PDB tanah, lahan mangrove ini tidak ada manfaatnya atau nol.

sehingga untuk mengetahui kerugian sumberdaya mangrove maka nilai manfaat total ini dikalikan dengan luas lahan mangrove yang terkena dampak SLR.. maka total kerugian ekonomi untuk sumberdaya pesisir mangrove sebesar Rp. 71.590.878.450,- pada tahun 2050 dan pada tahun 2100 sebesar 206.665.940.000,- dengan harga tanah pada lokasi mangrove pada tahun 2015 seharga Rp. 50.000,- dengan persamaan linier  $y = 17000x - 10333$ , maka pada tahun 2050 seharga Rp. 645.000,- dan pada tahun 2100 sebesar Rp 1.495.000,- (Tabel 7.12)

Tabel 7.12. Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Mangrove pada tahun 2050 dan 2100

Luas Lahan Mangrove (m2)	Nilai Tanah pada tahun 2050 (juta rupiah)	Nilai Tanah pada tahun 2050 (juta rupiah)	Luas lahan Mangrove yang Hilang karena kemunduran garis pantai pada tahun 2050 (m2)	Luas lahan Mangrove yang hilang karena kemunduran garis pantai pada tahun 2100 (m2)
1.199.800	0,645	1,495	110.993	138.238
Nilai Manfaat Ekonomi Total Mangrove (juta rupiah)	Nilai Manfaat Ekonomi Total pada tahun 2050 (juta rupiah)	Nilai Manfaat Ekonomi Total pada tahun 2100 (juta rupiah)	Total Kerugian Ekonomi 2050 (rupiah)	Total Kerugian Ekonomi 2100 (rupiah)
3.651	3.652	3.653	71.590.878.450	206.665.940.000

## b. Sumberdaya Ikan/Udang

Berdasarkan data produksi budidaya tambak tahun 2010 -2014 maka total pendapatan dari budidaya tambak (udang vannamei. udang windu dan udang lainnya sebesar 238.323,- juta rupiah. Prediksi total pendapatan pada tahun 2050 dan 2100 menggunakan persamaan  $y = 43298x + 16691$

Nilai tanah pada tahun 2050 dan 2100. dengan acuan harga tanah tambak pada tahun 2014 sebesar 250.000.-/m<sup>2</sup>. dengan menggunakan persamaan  $y = 28571x + 16667$

Kerugian ekonomi total dari sumberdaya udang ini diperoleh dengan cara mengalikan luas lahan yang terkena dampak dengan nilai lahan tambak tersebut yaitu sebesar Rp. 28.842.682.100,- di tahun 2050 dengan luas tambak yang hilang 1.893.524,60 m<sup>2</sup> dan 2100 sebesar Rp. 114.551.625.000,- dengan luas tambak yang hilang 2.506.553,82 m<sup>2</sup>

### c. Sumberdaya Pasir Laut

Kabupaten Tuban. menggunakan pasir laut sebagai bahan dalam pembangunan infrastruktur. harga pasir laut diberi harga pasar berdasarkan sarana pengangkutnya. Untuk 1 truk kecil seharga 150.000,-. sedangkan ukuran 1 tossa (kendaraan dengan sepeda motor seharga 75.000,- pada tahun 2014. Karena data stok dan pendapatan pasir laut tidak lengkap. Maka kerugian pasir laut dihitung berdasarkan luas lahan yang hilang dikalikan nilai PDB tanah/m<sup>2</sup> dan nilai tanah. Khusus untuk sarana dan prasarana bidang perikanan dan kelautan. maka besar kerugian untuk pasir laut khusus sarana prasarana perikanan dan kelautan sebesar ditunjukkan pada Tabel 7.13 dan 7.14

Tabel 7.13 Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Pasir Laut untuk Pembangunan Sarana Perikanan dan Kelautan pada tahun 2050

Tipe Penggunaan Lahan (Lahan Eksisting)	PDB tanah per m <sup>2</sup> (juta rupiah) pada tahun 2050	Luas Lahan yang di Prediksi Hilang pada Tahun 2050 (m <sup>2</sup> )	Prediksi kerugian ekonomi berdasarkan kegunaan dan manfaat lahan (juta rupiah) pada Tahun 2050	Total Kerugian Berdasarkan Nilai Tanah pada Tahun 2050		Prediksi Total Kerugian pada Tahun 2050	
				Min (Juta Rupiah)	Max (Juta Rupiah)	Min (Juta Rupiah)	Max (Juta Rupiah)
TPI	1,2656	6.447,73	8.160	7.060	12.879	15.220	21.039
Daerah Industri Perikanan	1,2656	32.534,51	41.176	35.626	64.989	76.803	106.165
PPI Nasional	1,2656	35.827,19	45.343	39.230	71.564	84.574	116.908
		74.809,43	94.680	81.917	149.433	176.598	244.114

Kerugian sumberdaya pesisir pasir laut dalam hitungan lahan terbangun menunjukkan sebesar 176.598,- s.d. 244.114,- juta rupiah pada tahun 2050 dan tahun 2100 sebesar 450.269,- s.d.596.967,- juta rupiah

**Tabel 7.14 Total Kerugian Ekonomi Sumberdaya Pasir Laut untuk Pembangunan Sarana Perikanan dan Kelautan pada tahun 2100**

Tipe Penggunaan Lahan (Lahan Eksisting)	PDB tanah per m2 (juta rupiah) pada tahun 2100	Luas Lahan yang di Prediksi Hilang pada Tahun 2100 (m2)	Prediksi kerugian ekonomi berdasarkan kegunaan dan manfaat lahan (juta rupiah) pada Tahun 2100	Total Kerugian Berdasarkan Nilai Tanah pada Tahun 2100		Prediksi Total Kerugian pada Tahun 2100	
				Min (Juta Rupiah)	Max (Juta Rupiah)	Min (Juta Rupiah)	Max (Juta Rupiah)
TPI	2,5663	6.447,73	16.547	12.540	22.067	29.087	38.614
Daerah Industri Perikanan	2,5663	57.271,38	146.978	112.574	196.811	259.552	343.789
PPI Nasional	2,5663	35.827,19	91.945	69.683	122.618	161.629	214.563
		99.546,31	255.470	194.799	341.496	450.269	596.967

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



Lampiran 4.1 Jumlah dan perkembangan Perikanan Tangkap Di Wilayah Penelitian Tahun 2000 – 2014

No.	Kawasan Pantai	Jumlah Produksi (Ton)															Rata-rata Perkembangan (%/tahun)
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
1	Palang	3695	3510	3685	3300	3359	4082	4522	4517	4547	4551	4608	4822	4868	4895	5017	1.97%
2	Tuban	373	351	344	268	261	262	220	208	211	212	214	232	234	235	237	-3.64%
3	Jenu	463	497	536	495	505	505	280	226	237	237	239	256	258	259	262	-5.84%
4	Tambakboyoy	1091	1053	1138	1096	1077	1093	1005	1012	1027	1030	1044	1071	1082	1084	1085	-0.10%
5	Bancar	2987	3852	4115	4225	4136	3418	3287	3072	3055	3043	3080	3095	3126	3145	3208	0.58%
Wilayah Penelitian		<b>8610</b>	<b>9263</b>	<b>9817</b>	<b>9384</b>	<b>9338</b>	<b>9361</b>	<b>9313</b>	<b>9034</b>	<b>9077</b>	<b>9073</b>	<b>9186</b>	<b>9477</b>	<b>9567</b>	<b>9617</b>	<b>9808</b>	<b>-1.41%</b>

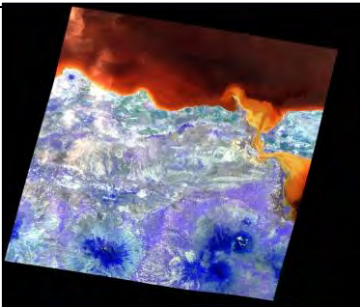

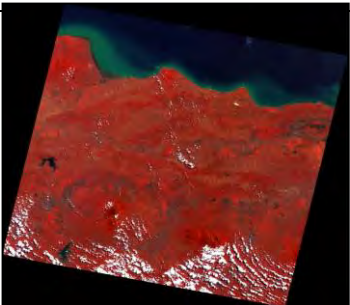


Sumber : Hasil Analisa dari Laporan Tahunan DKP Kabupaten Tuban

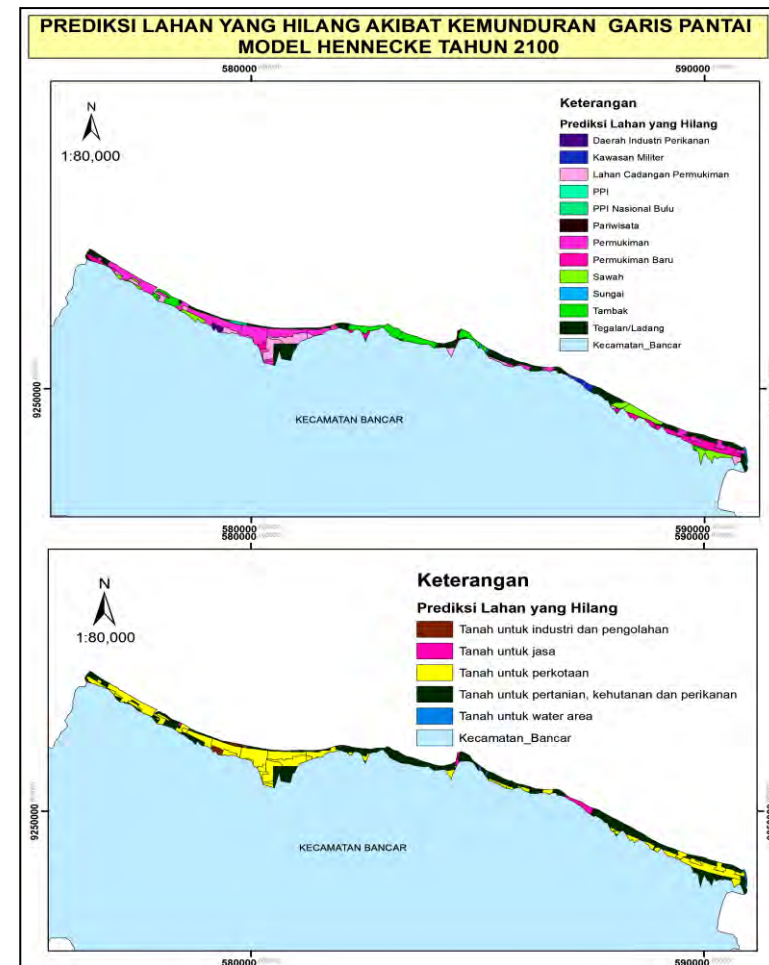
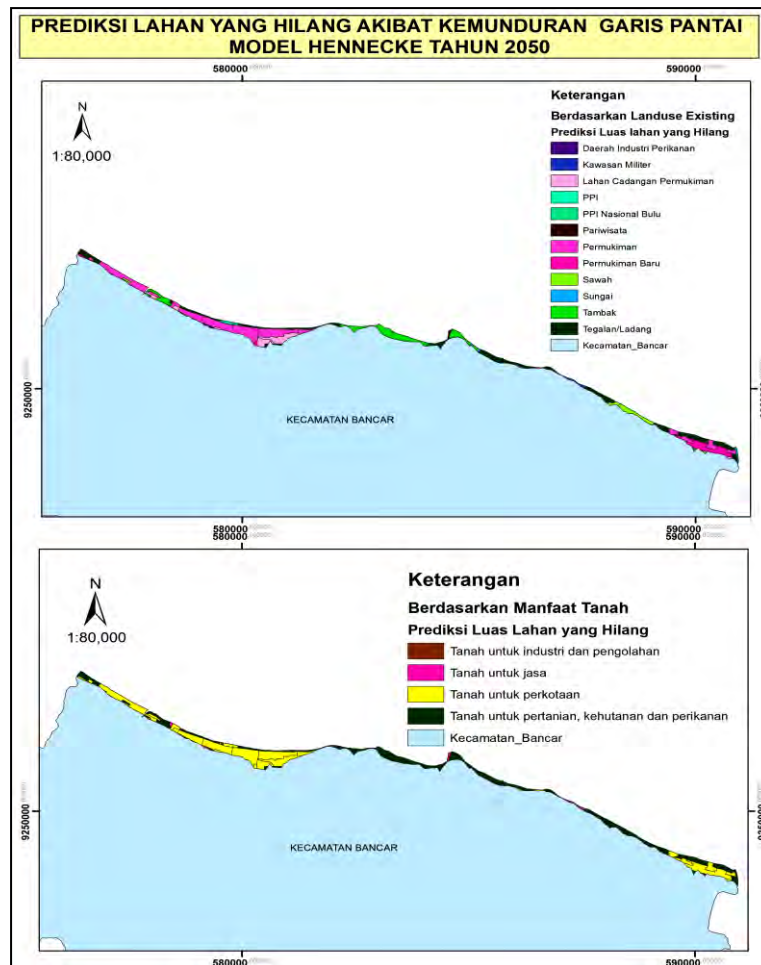
Lampiran 4.2 Jumlah dan perkembangan Perikanan Budidaya Di Wilayah Penelitian Tahun 2000 – 2014

No	Kawasan Pantai	Jumlah Produksi (Ton)															Rata-rata Perkembangan (%/tahun)
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	
1	Palang	328	193	197	429	438	470	1017	950	1090	1229	1457	1676	1878	2060	1260	5.66%
2	Tuban	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00%
3	Jenu	449	264	271	141	143	155	161	592	709	711	764	1074	1354	1488	1763	3.75%
4	Tambakboyoy	42	25	25	74	74	80	142	194	210	233	256	267	358	394	756	15.43%
5	Bancar	354	208	202	73	84	85	381	220	240	261	287	365	447	490	1260	-4.77%
Wilayah Penelitian		<b>1173</b>	<b>690</b>	<b>695</b>	<b>717</b>	<b>738</b>	<b>790</b>	<b>1700</b>	<b>1956</b>	<b>2250</b>	<b>2434</b>	<b>2764</b>	<b>3381</b>	<b>4037</b>	<b>4432</b>	<b>5038</b>	<b>4.01%</b>
Tambak Operasional (Ha)		616	616	616	616	614	615	615	557	585	609	615	640	539	745	746	-2.42%
Tmbk tdk Operasi Ha)		0	0	0	0	0	0	0	70	70	42	42	36	0	0	0	

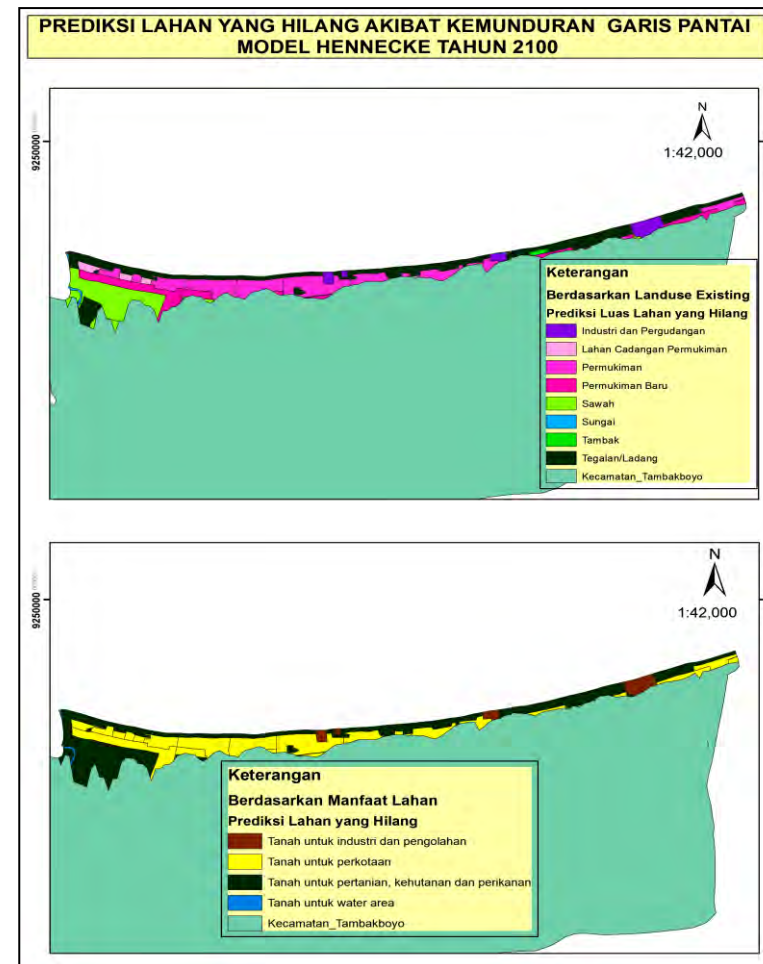
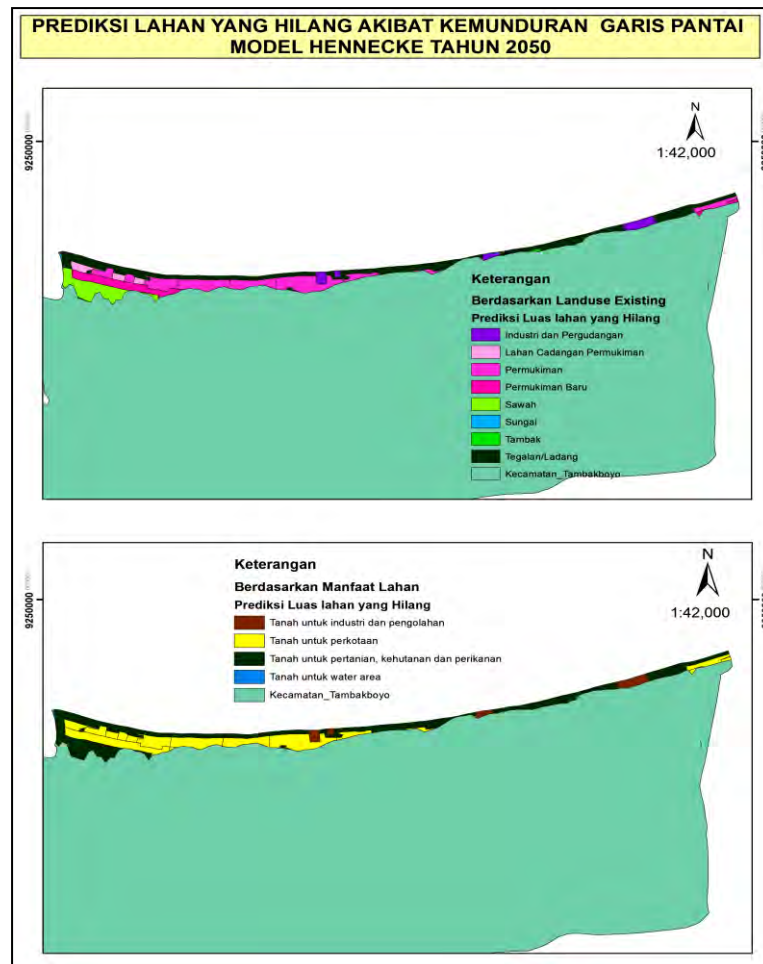
Sumber : Hasil Analisa dari Laporan Tahunan DKP Kabupaten Tuban

Lampiran 6.1 Hasil Koreksi Geometrik Citra Multitemporal

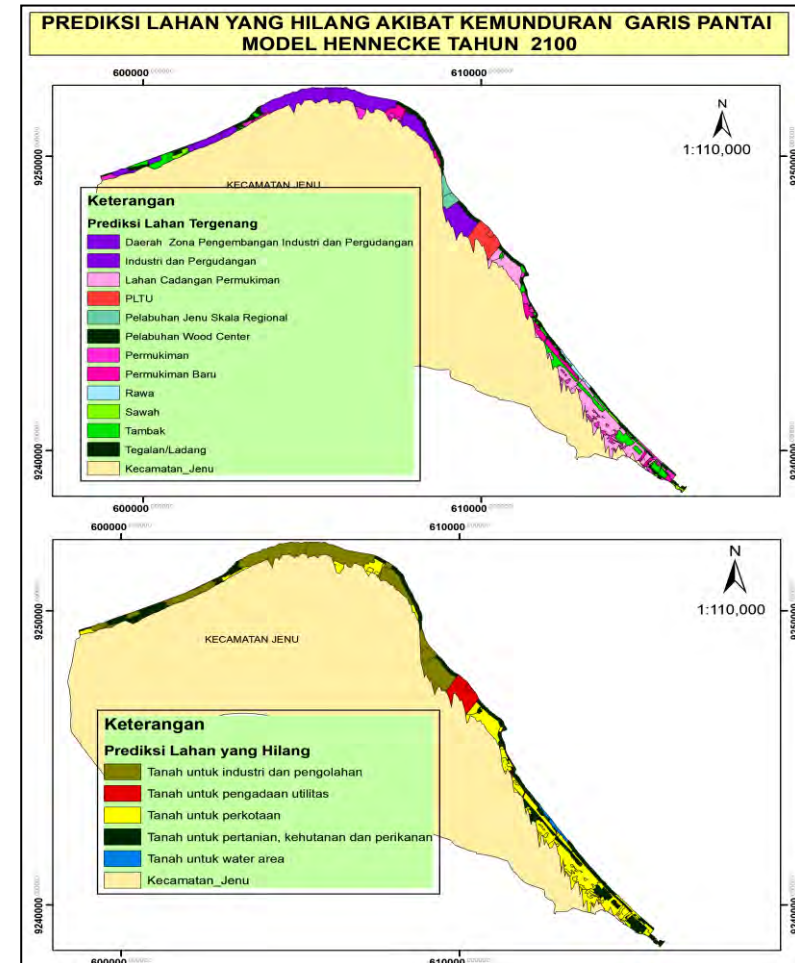
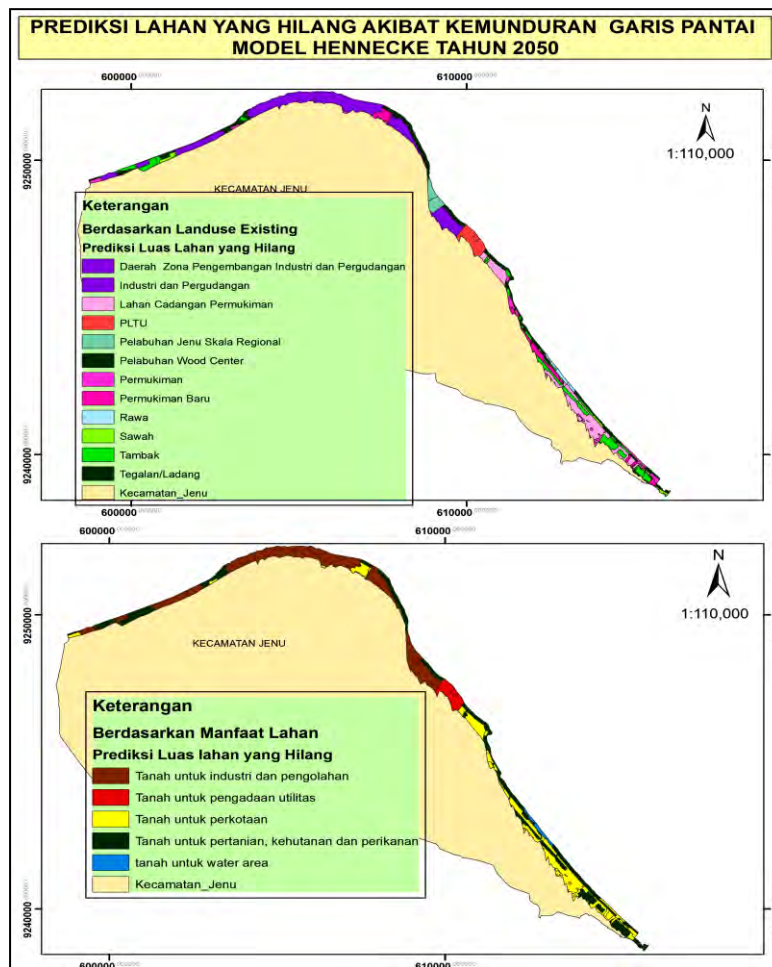
Waktu akusisi	Satelit	Sensor	Hasil Koreksi Geometrik	Rms error
27-09-1972	Landsat 1	MMS		0.222
09-09-2000	Landsat	ETM+		0.321
20-08-2013	Landsat 8	ETM+		0.341
24-08-2014	Landsat 8	ETM+		0.202
22-05-2015	Landsat 8	ETM+		0.323



Lampiran 7.1 Prediksi Luas Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Pantai Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Bancar

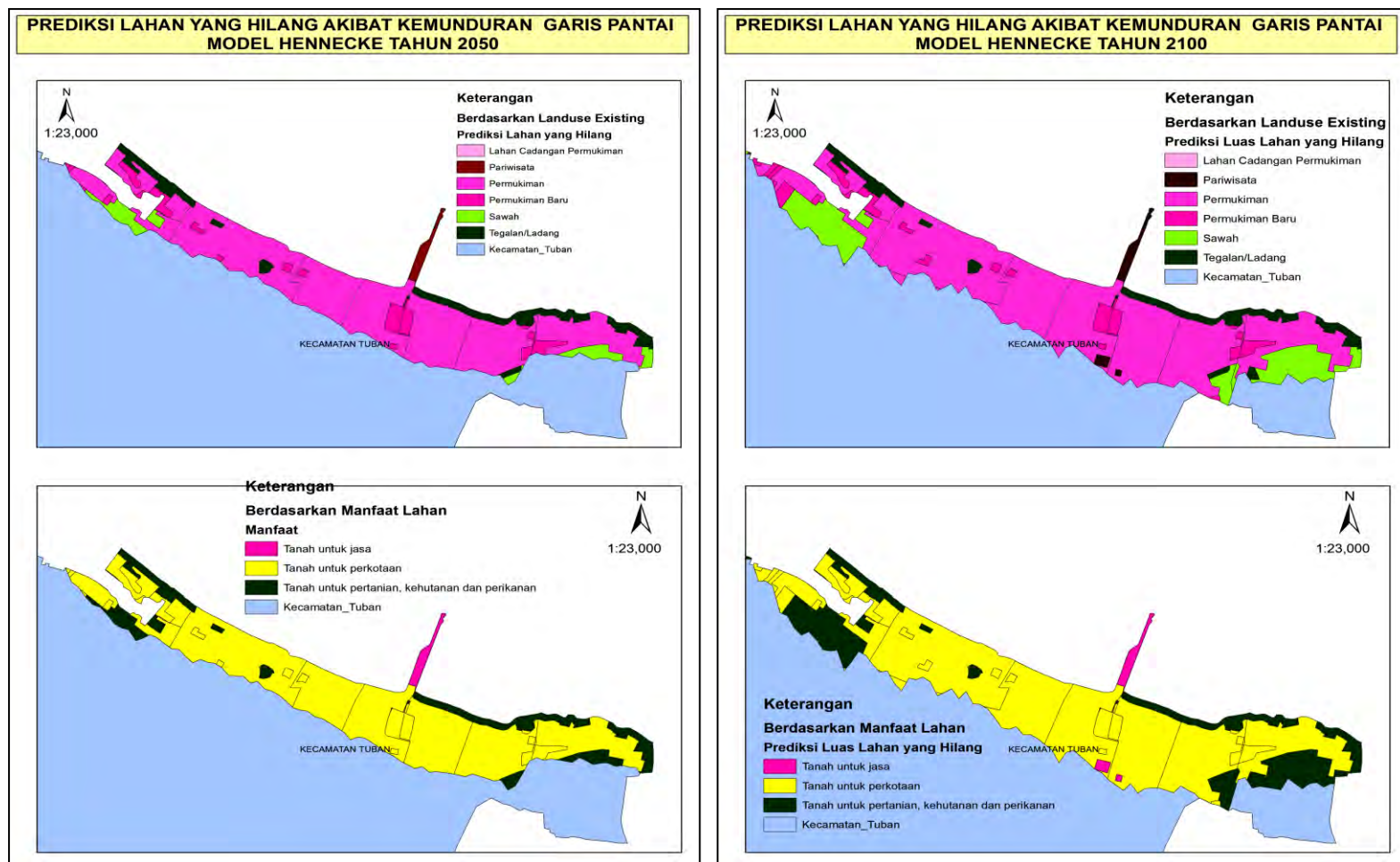


Lampiran 7.2 Prediksi Luas Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Pantai Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Tambakboyo

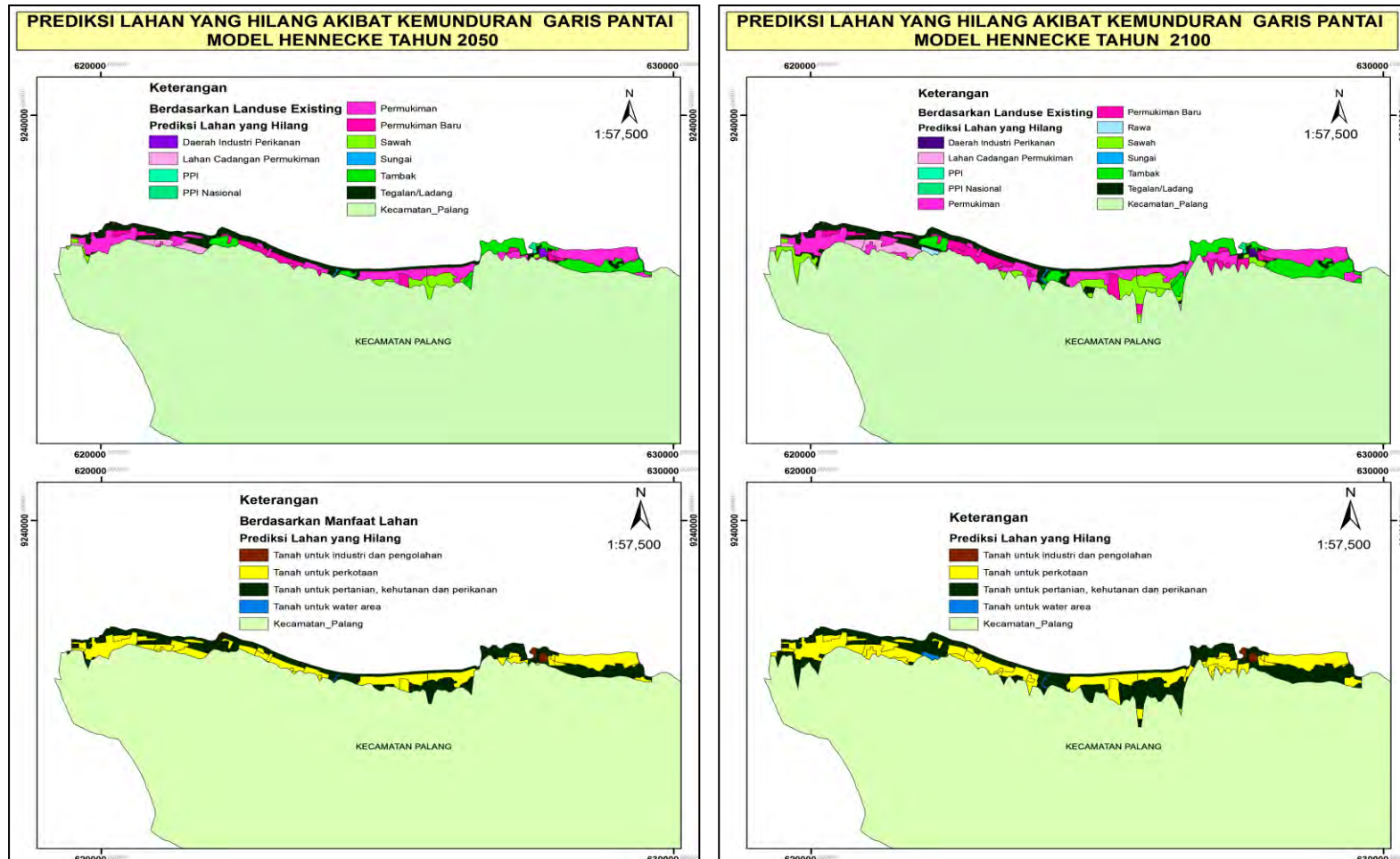


Lampiran 7.3 Prediksi Luas Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Pantai Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Jenu





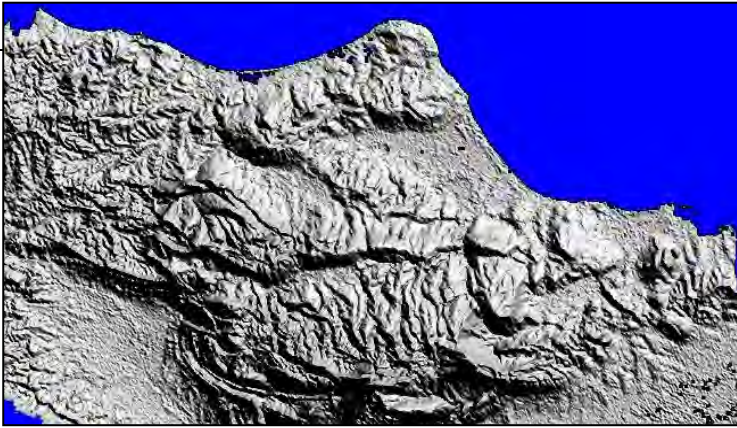
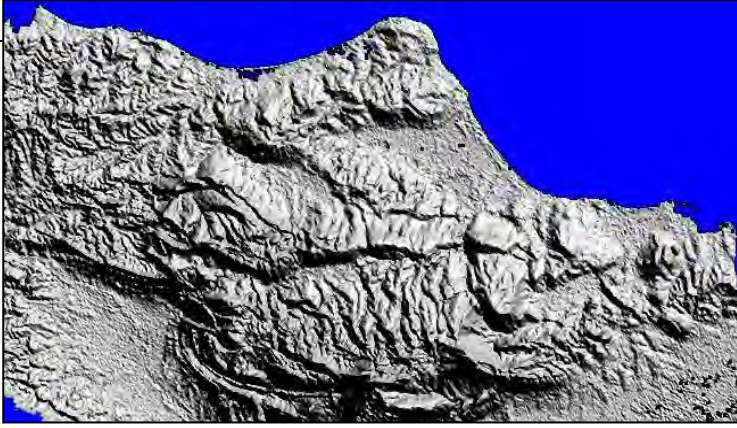
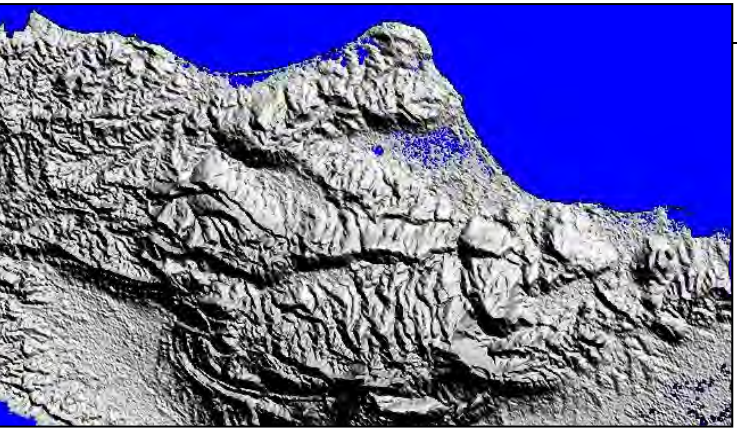
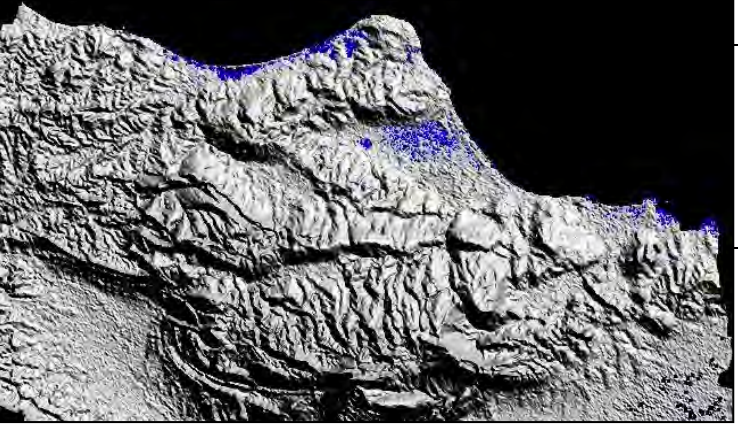
Lampiran 7.4 Prediksi Luas Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Pantai Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Tuban



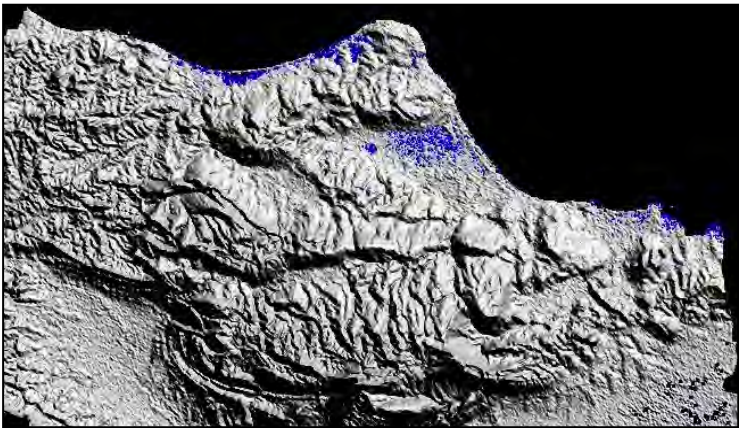
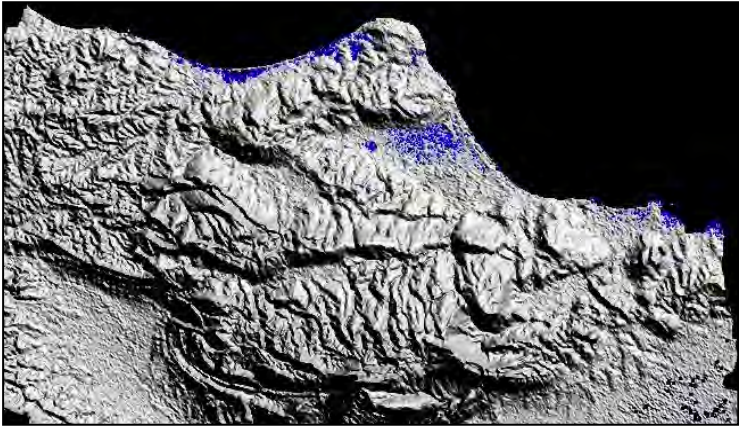
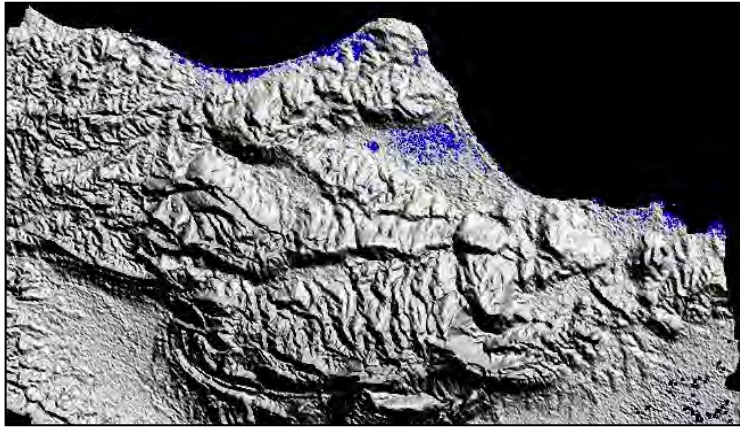
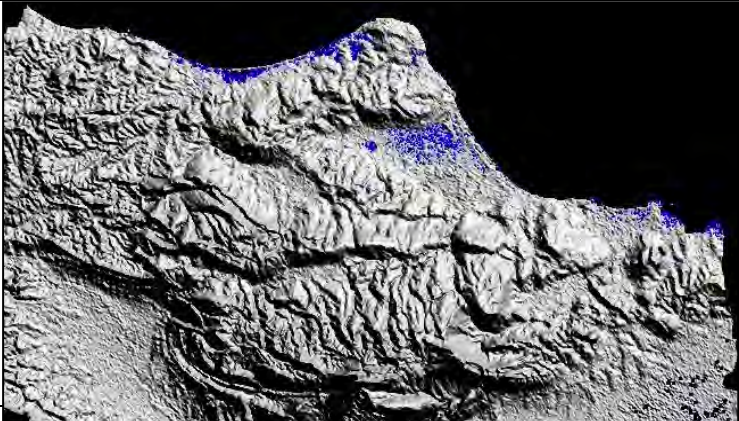
Lampiran 7.5 Prediksi Luas Lahan yang Hilang Dampak Kemunduran Garis Pantai Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Palang



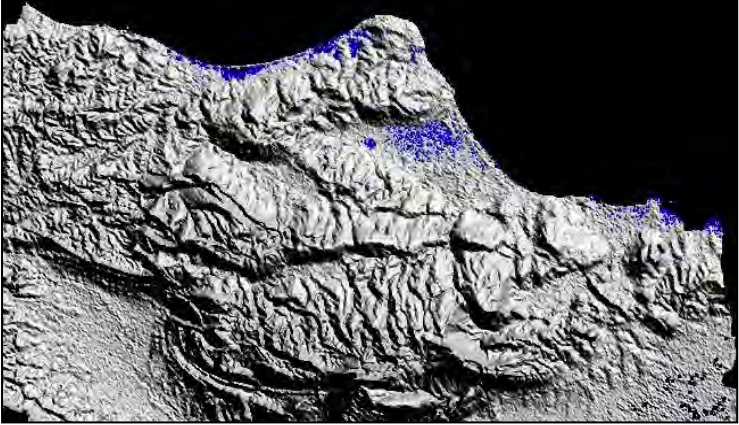
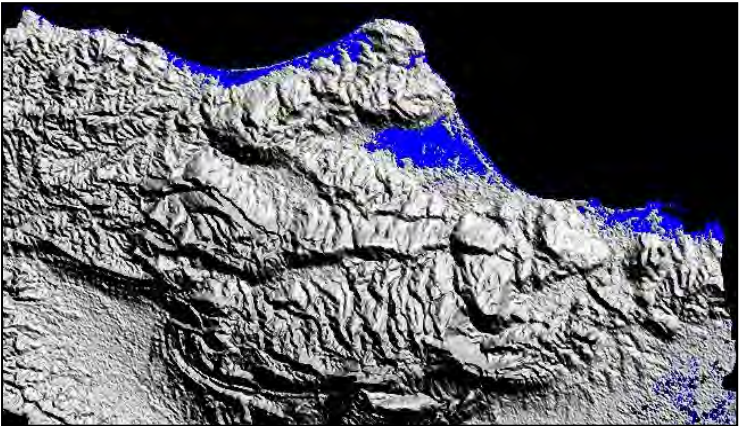
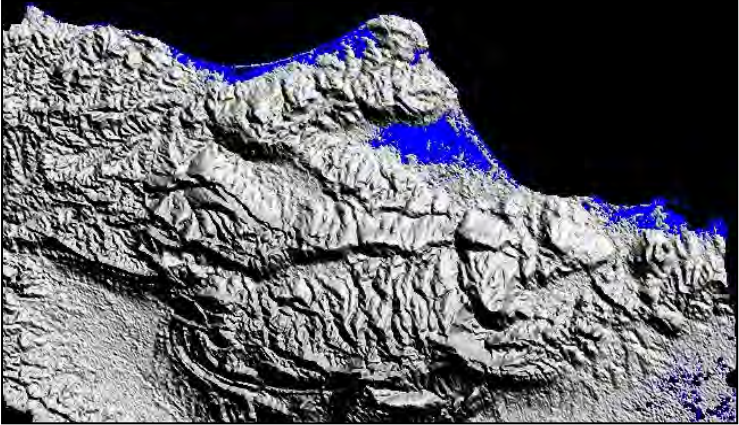
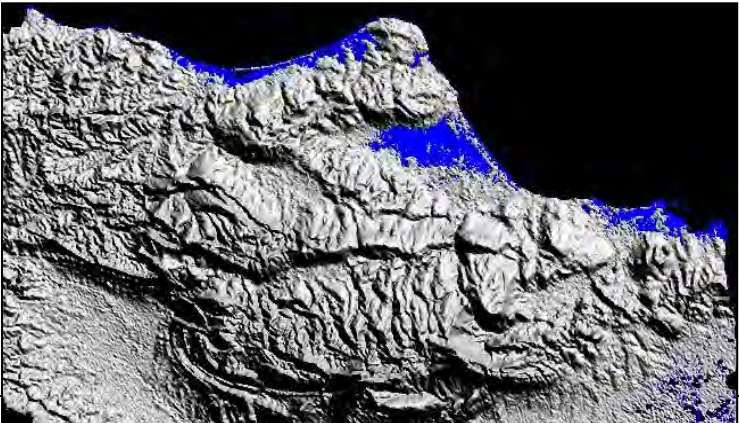
Lampiran 7.6 Prediksi Penggenangan Akibat Dampak Kenaikan Permukaan Air Laut di Wilayah Pesisir Kabupaten Tuban Hasil data input Prediksi SLR dengan Software ErMapper

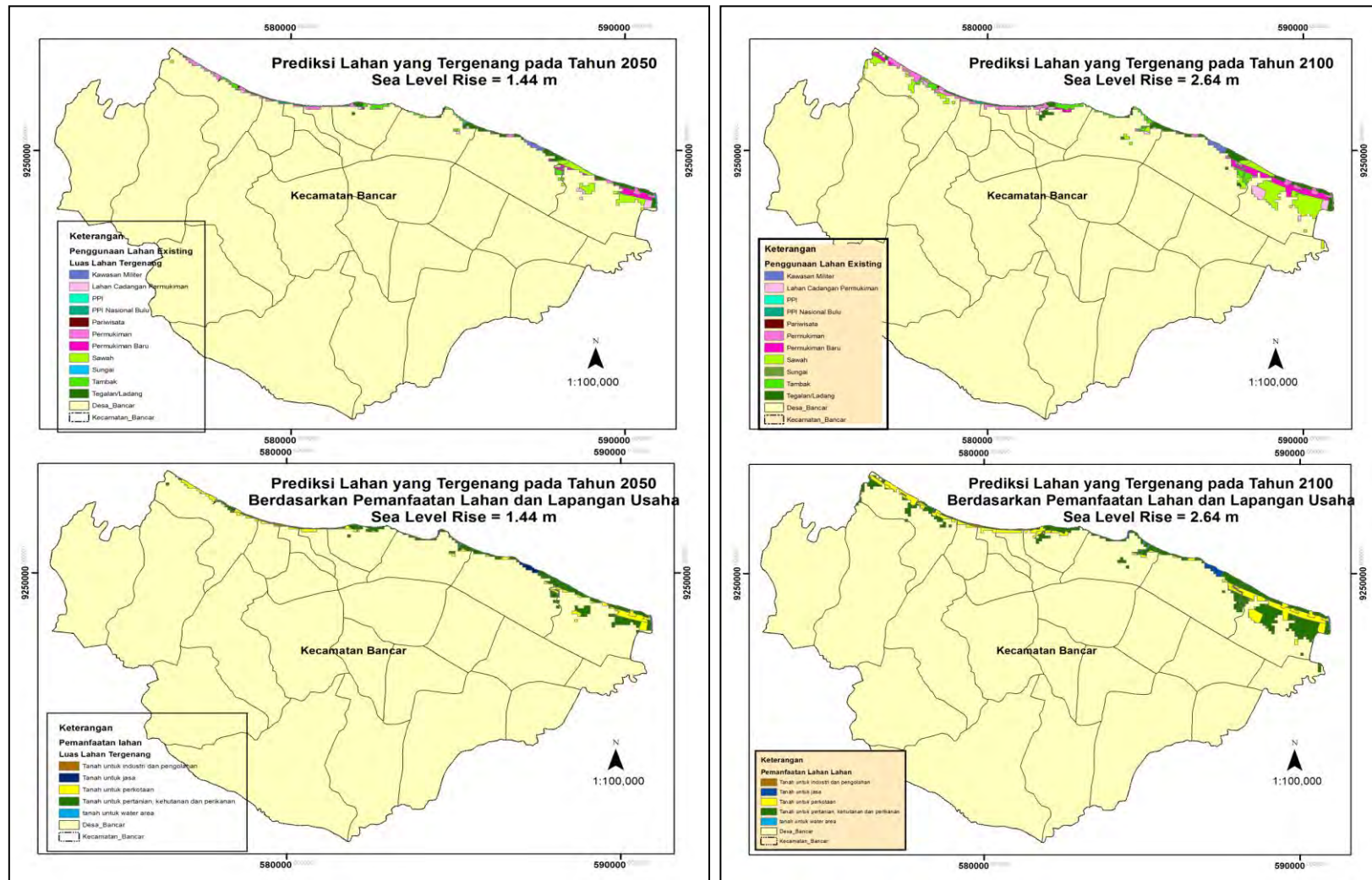
Tahun	Kenaikan Muka Air Laut (m)	Prediksi Luas Lahan Tergenang	
1990	0.000		
2000	0.240		
2010	0.480		
2020	0.720		



2030	0.960	
2040	1.200	
2050	1.440	
2060	1.680	

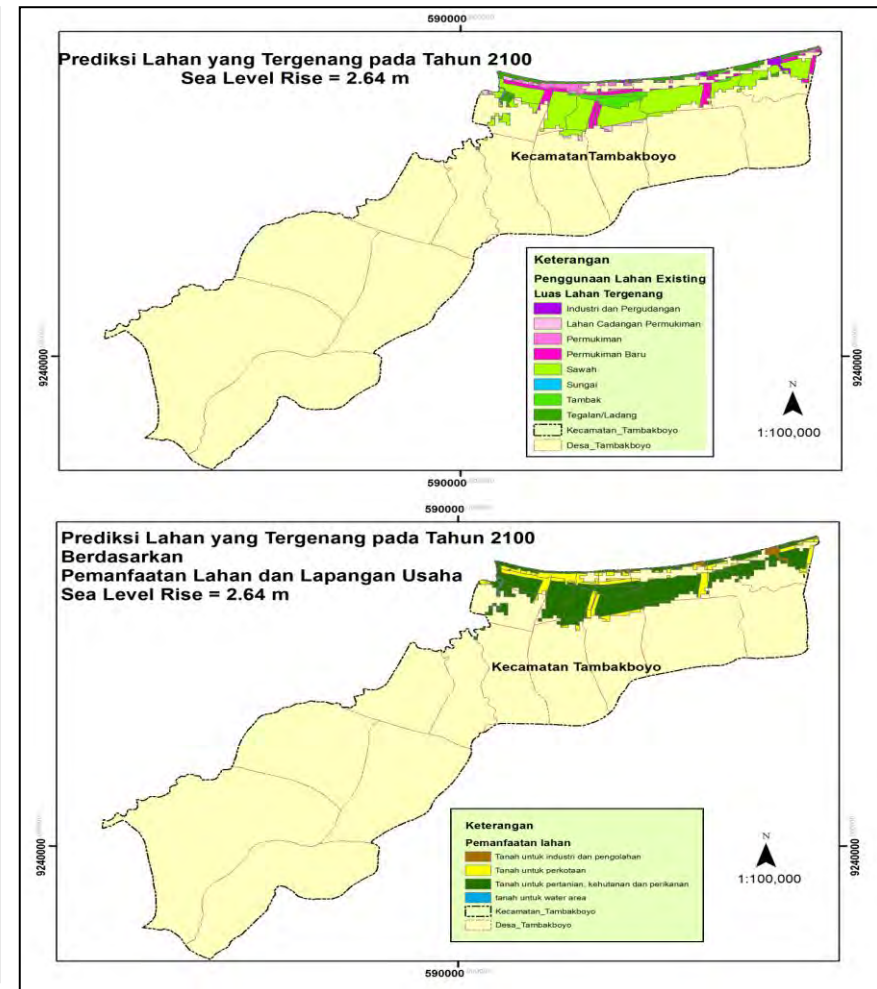
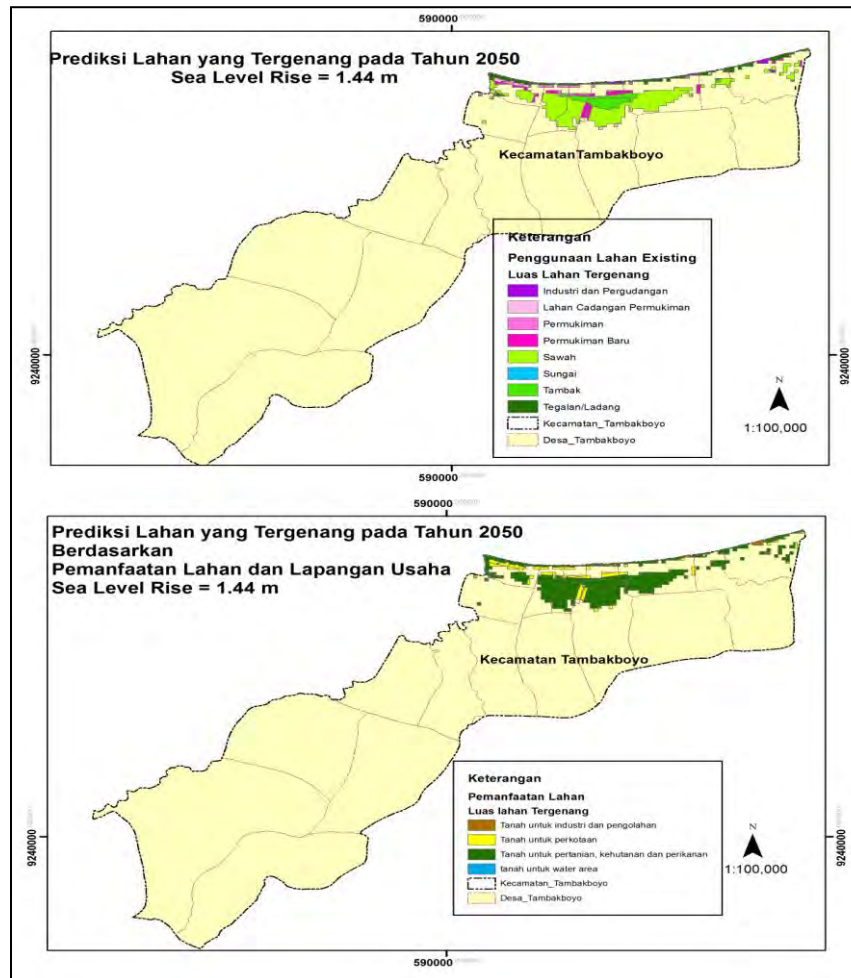


2070	1.920	
2080	2.160	
2090	2.400	
2100	2.640	

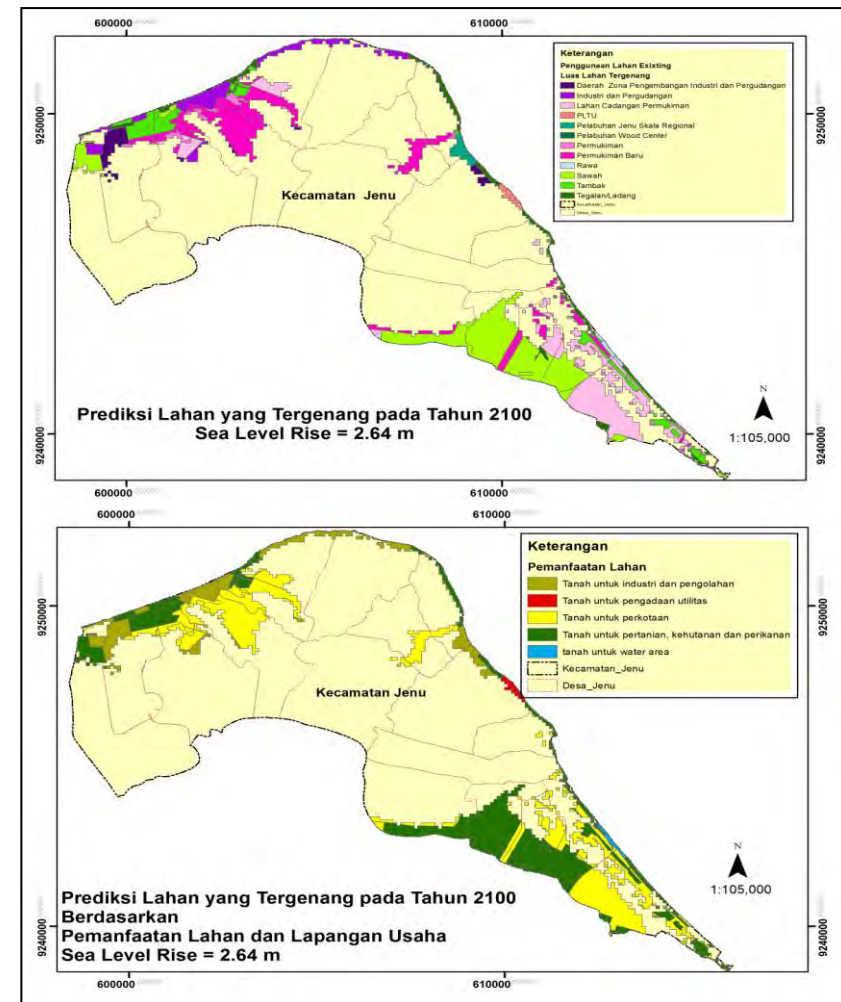
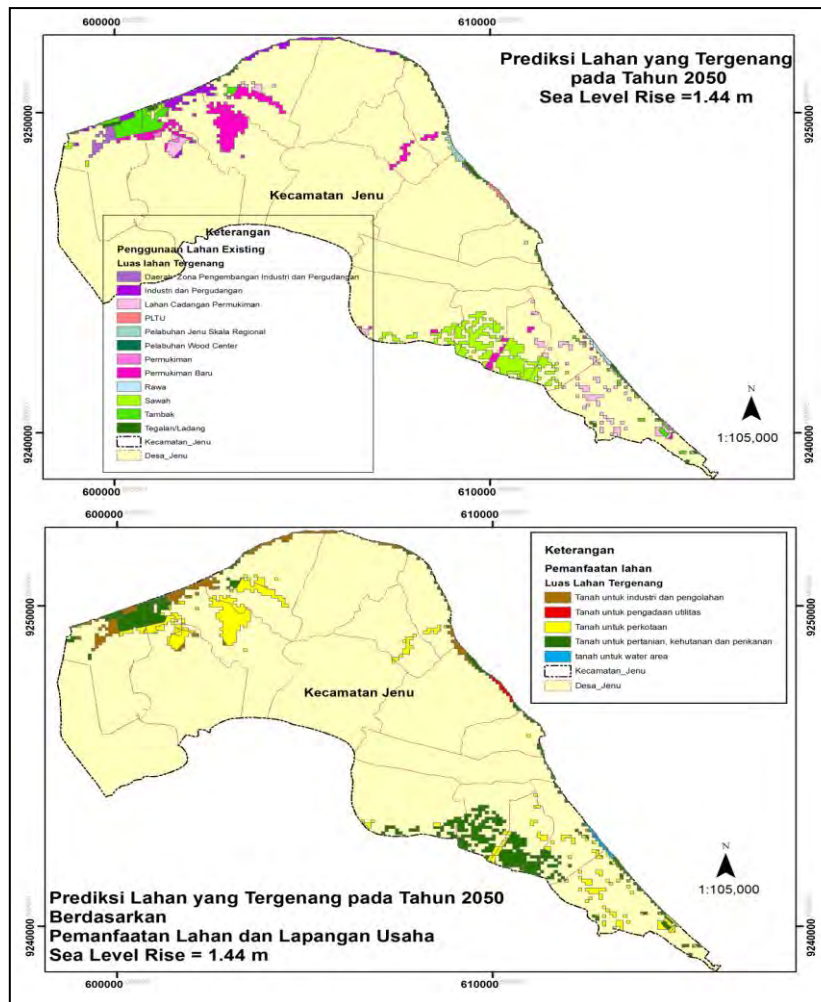


Lampiran 7.7 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Bancar

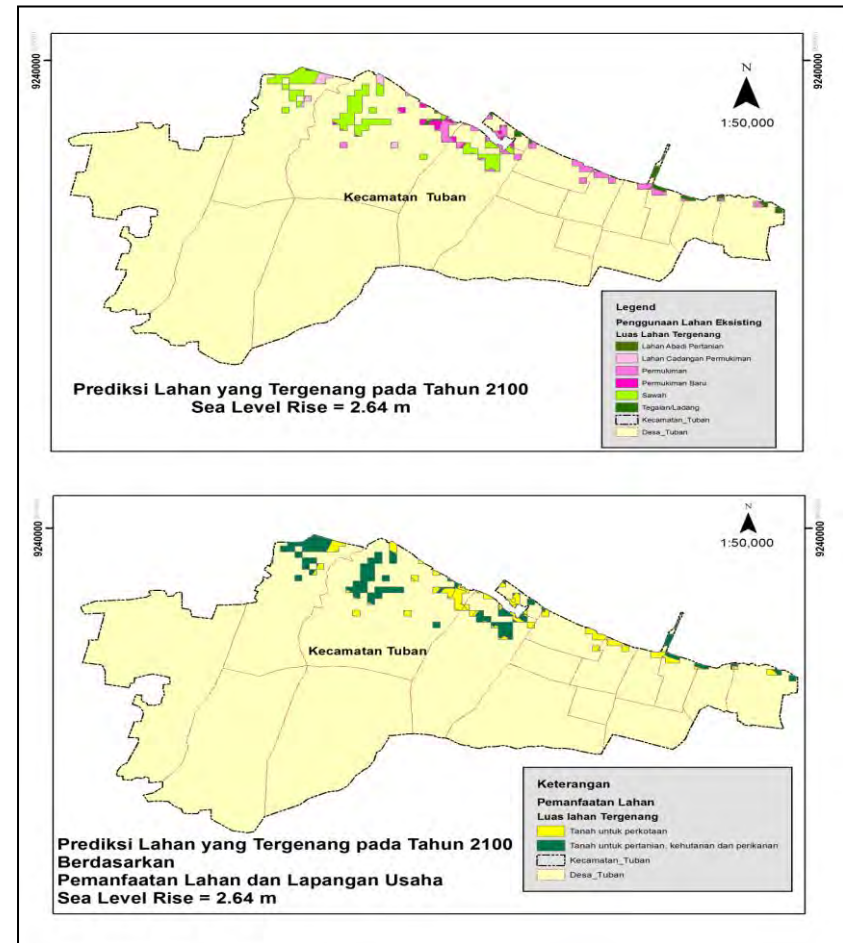
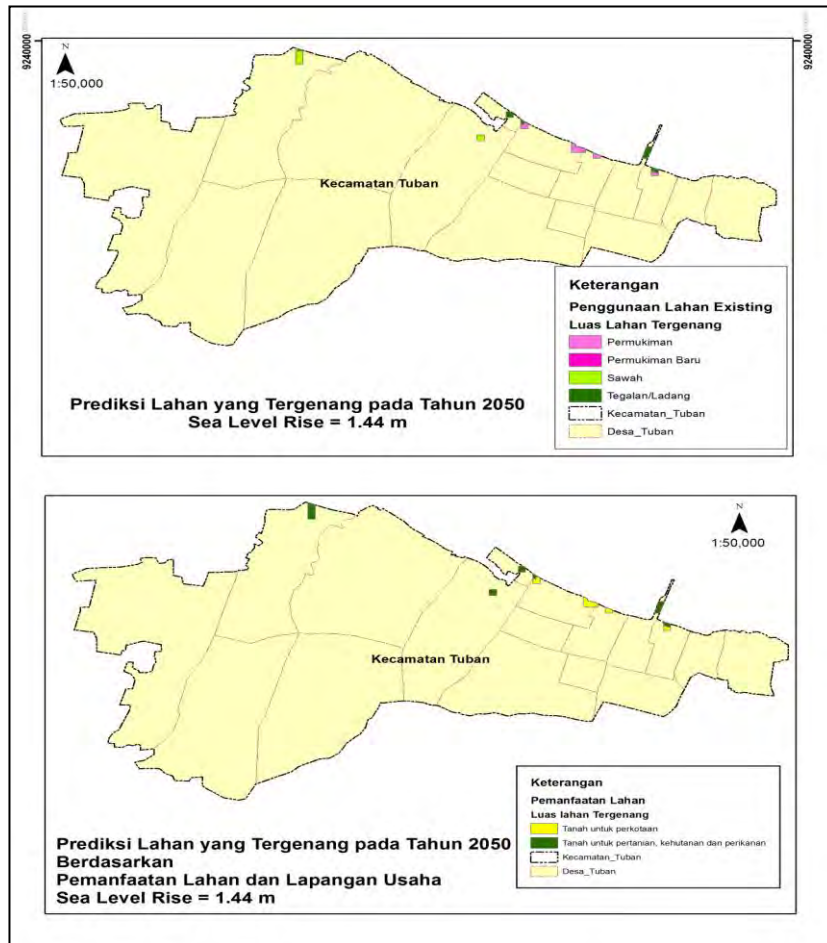




Lampiran 7.8 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Tambakboyo

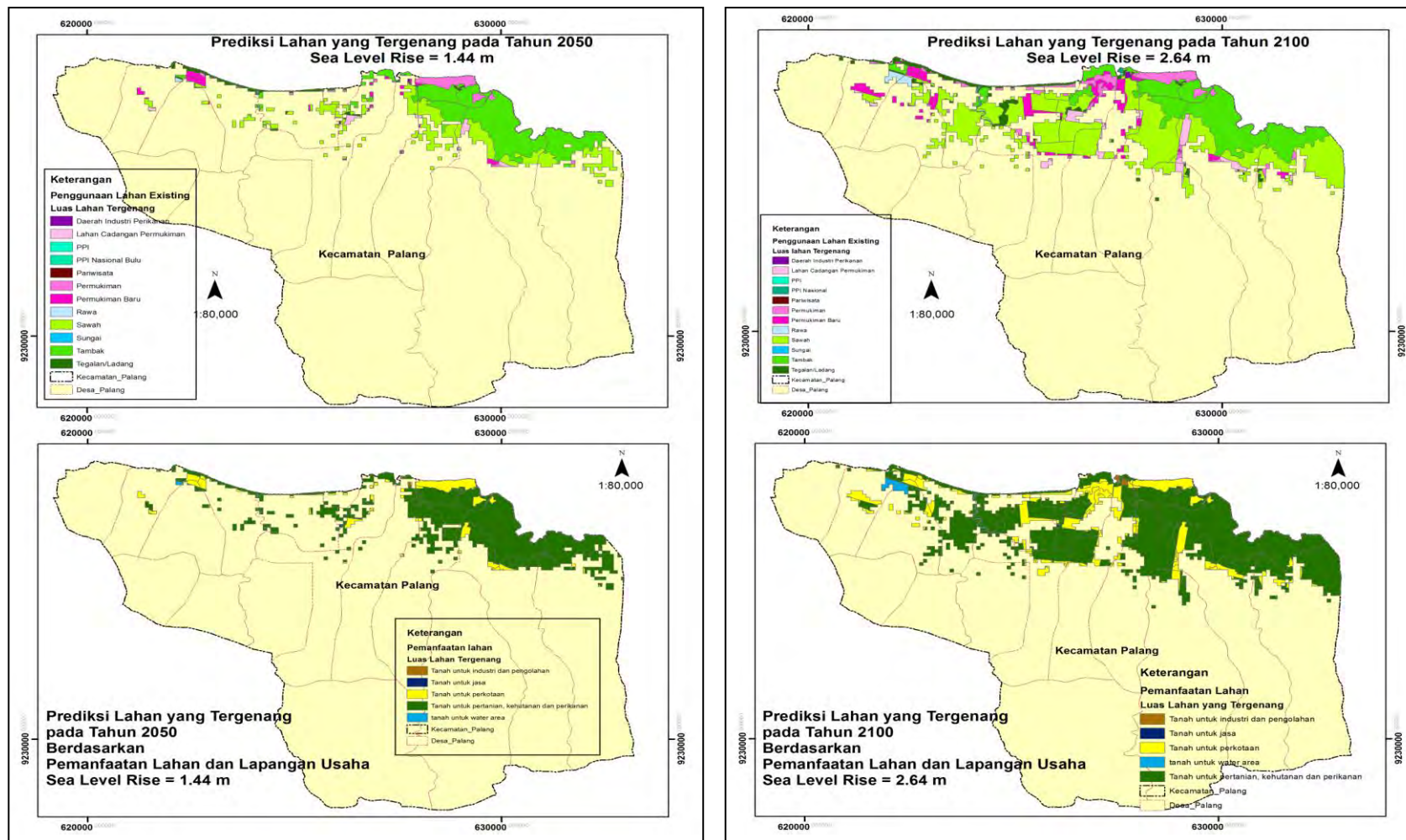


Lampiran 7.9 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Jenu

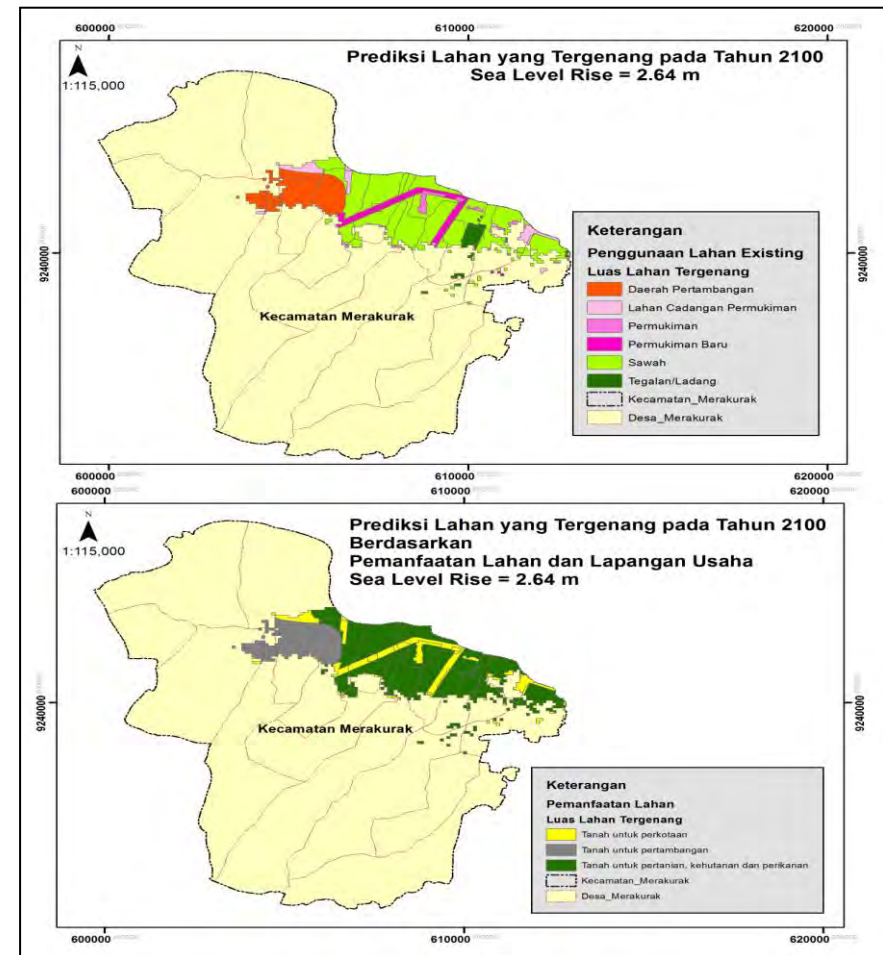
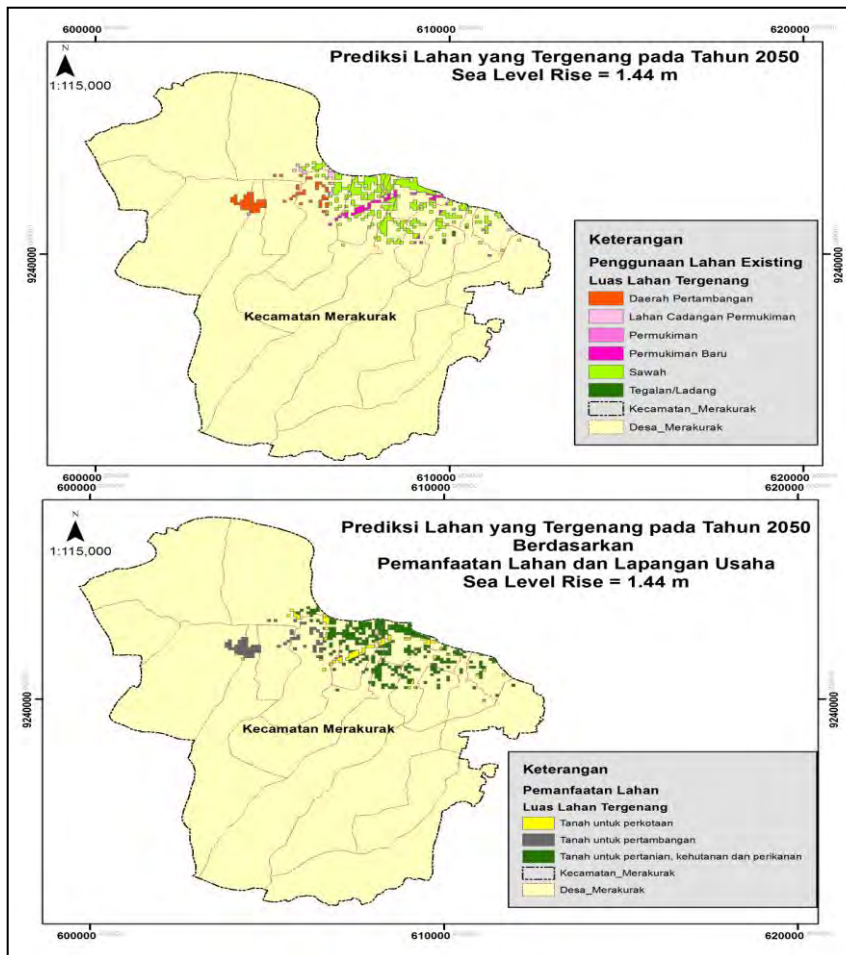


Lampiran 7.10 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Tuban

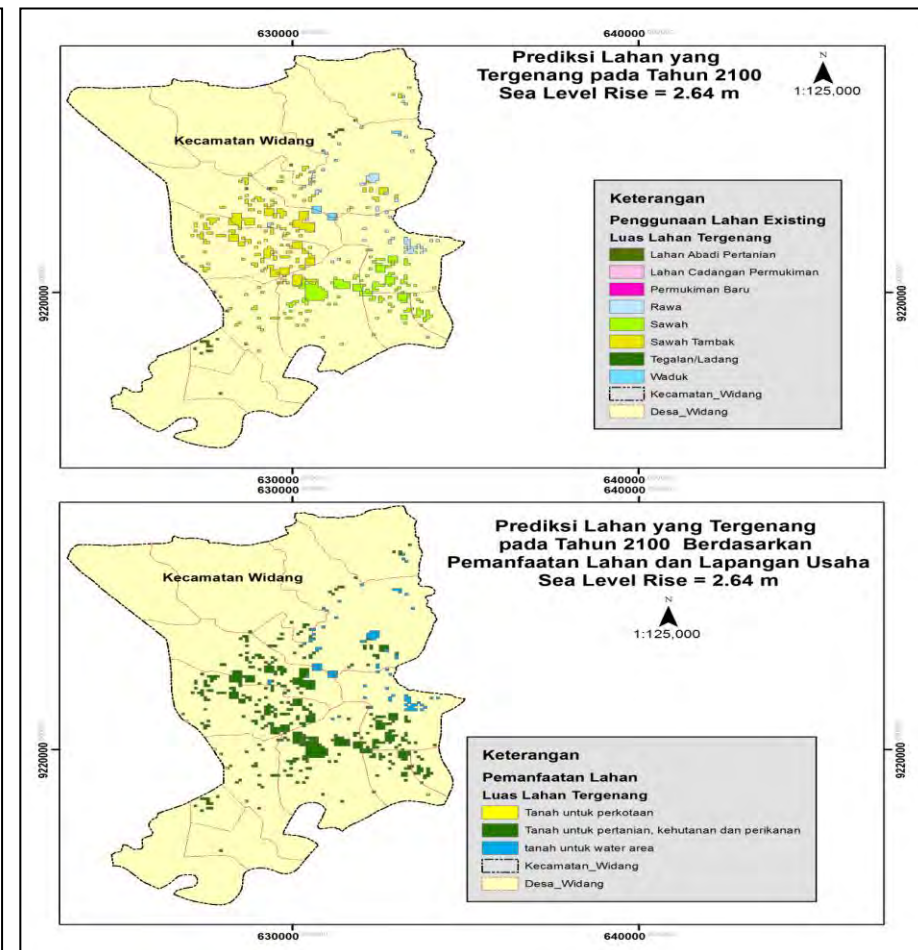
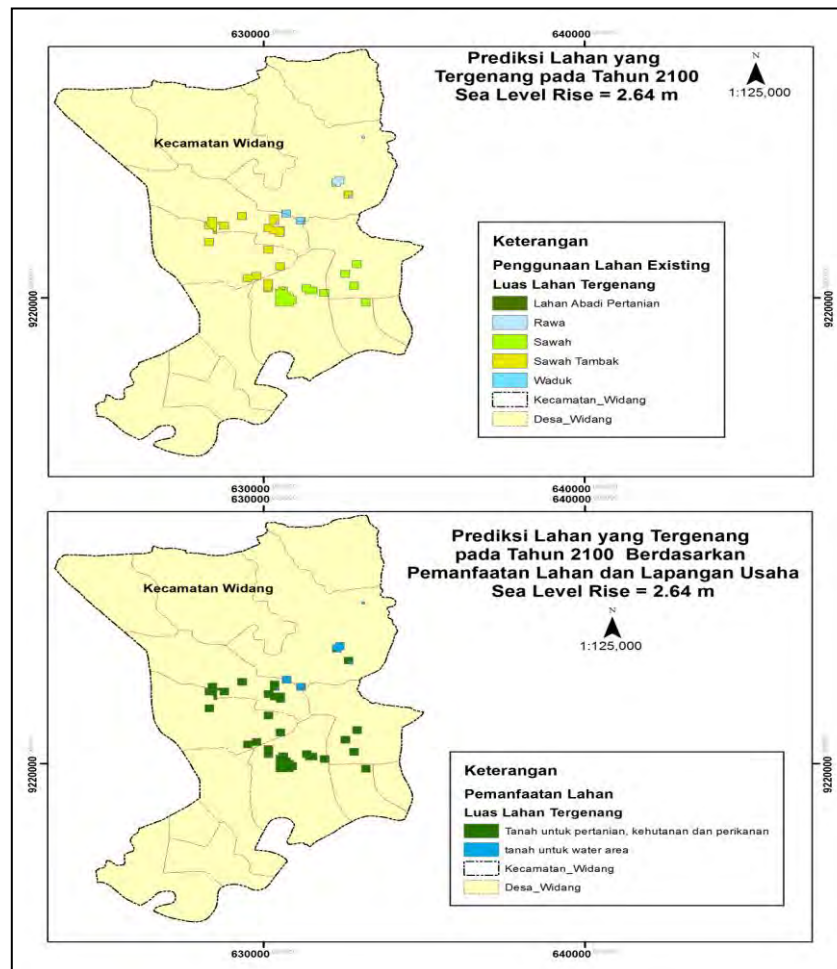




Lampiran 7.11 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Palang

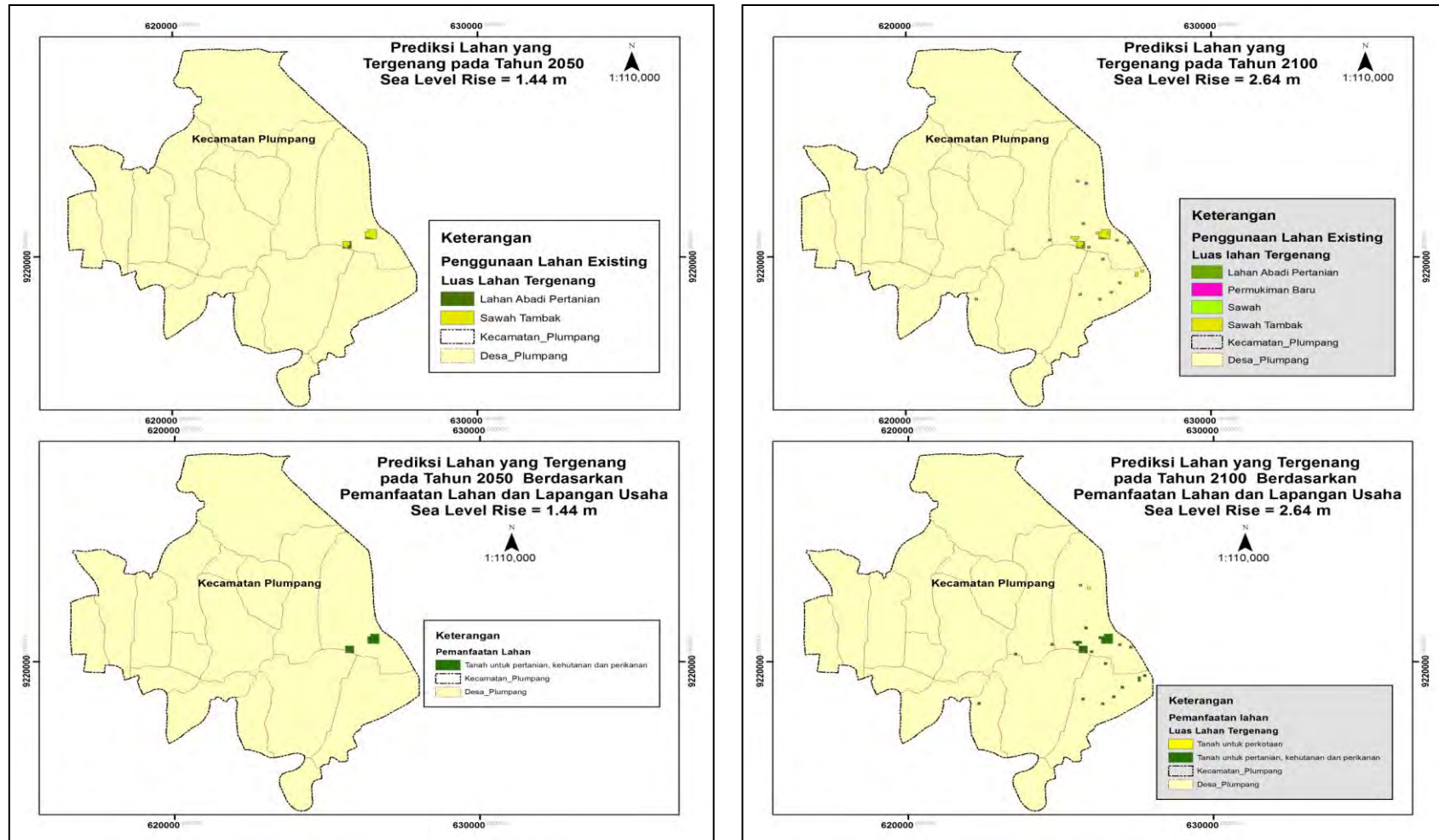


Lampiran 7.12 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Merakurak



Lampiran 7.13 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Widang





Lampiran 7.14 Prediksi Luas Lahan Tergenang Berdasarkan Lahan Existing, Pemanfaatan Lahan dan Lapangan Usaha per luas tanah ( $m^2$ ) pada tahun 2050 dan 2100 di Kecamatan Plumpang

Lampiran 8.1 Geomorfologi Pantai Kabupaten Tuban

Landform	Genesis	Bancar	Tambakboyo	Jenu	Tuban	Palang	Total	Persentase
Backswamps	Marin	1246465.546	3199846.217	925425.133			5371736.896	3.50
Beting Gisik	Marin	164953.706	897897.093	7933.658			1070784.456	0.70
Dataran Alluvial	Fluvial	16614930.464	10578567.391	18485351.298	4568141.181	12245981.663	62492971.996	40.70
Dataran Alluvial Karst	Karst		1748308.625	9852217.932	805040.637	814441.759	13220008.95	8.61
Dataran Alluvial Pantai	Marin	498612.384		2742994.892		4363778.898	7605386.174	4.95
Gisik	Marin	436572.072	391347.928	192551.455		434861.410	1455332.865	0.95
Lerengkaki Rombakan	Denudasional			4368556.616		8096194.775	12464751.391	8.12
Peneplains / Dataran Nyaris	Denudasional	7055892.709					7055892.709	4.60
Perbukitan Karst	Karst		1947521.275	7115610.327			9063131.602	5.90
Perbukitan Struktural-Denudasional	Struktural-Denudasional			989206.383			989206.383	0.64
Permukaan Planasi	Denudasional	1394258.344		17628702.091		12015728.803	31038689.238	20.21
Perbukitan Sisa	Denudasional					1724699.741	1724699.741	1.12
		27411685.225	18763488.529	62308549.784	5373181.818	39695687.048	153552592.404	100.00

Lampiran 8.2 Data Nilai Parameter Geomorfologi Berdasarkan Desa Pantai Lokasi Penelitian

FID_ desa1	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	Luas (m2)					Luas Sel	Nilai	Keterangan
			Tebing Tinggi, Perbukitan Kars	Tebing Sedang, Perbukitan struktural	Tebing Rendah dan Daerah alluvial	Estuari, laguna	Pantai berpasir, Rawa payau, paparan Lumpur, Delta. Mangrove, karang			
19	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	-	646,247.18	-	-	238,981.43	885,228.61	2.81	Kurang rentan
21	Desa Bogorejo		-	800,160.52	-	-	-	800,160.52	2.00	Kurang rentan
22	Desa Bulu Meduro		10,216.26	241,645.58	-	-	818.29	252,680.13	1.97	Tidak Rentan
23	Desa Boncong		392,529.40	237,388.66	-	-	-	629,918.06	1.38	Tidak Rentan
24	Desa Banjarjo		-	55,111.42	-	-	129,588.13	184,699.55	4.10	Rentan
26	Desa Bulu Jowo		-	-	-	-	200,805.24	200,805.24	5.00	Sangat Rentan
29	Desa Sukolilo		-	-	-	-	962,580.78	962,580.78	5.00	Sangat Rentan
42	Desa Margosuko		-	-	-	-	906,457.16	906,457.16	5.00	Sangat Rentan
9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	-	-	1,339,377.74	-	-	1,339,377.74	3.00	Sedang
10	Desa Jenu		-	-	790,211.24	-	-	790,211.24	3.00	Sedang
11	Desa Beji		-	10,306.83	244,585.38	-	-	254,892.21	2.96	Kurang rentan
12	Desa Kaliuntu		-	489,433.20	7,513.45	-	-	496,946.65	2.02	Kurang rentan
17	Desa Wadung		-	798,892.00	-	-	-	798,892.00	2.00	Kurang rentan
18	Desa Temaji		-	-	-	-	244,329.91	244,329.91	5.00	Sangat Rentan
20	Desa Purworejo		-	-	-	-	278,459.14	278,459.14	5.00	Sangat Rentan
25	Desa Mentoso		632,253.38	345,343.04	-	-	-	977,596.42	1.35	Tidak Rentan
27	Desa Tasikharjo		587,641.82	223,898.04	-	-	290,340.66	1,101,880.52	2.26	Kurang rentan
28	Desa Remen		68,271.00	-	-	-	-	68,271.00	1.00	Tidak Rentan
44	Desa Socorejo		-	-	-	-	644,534.35	644,534.35	5.00	Sangat Rentan
0	Desa Gesikharjo	Kecamatan Palang	116,474.74	-	-	-	370,055.77	370,055.77	5.31	Sangat Rentan
1	Desa Palang		-	-	-	-	252,850.98	252,850.98	5.00	Sangat Rentan
2	Desa Pliwetan		-	-	-	-	199,994.67	199,994.67	5.00	Sangat Rentan
3	Desa Sumurgung		12,161.56	-	-	-	-	12,161.56	1.00	Tidak Rentan
4	Desa Karangagung		-	-	-	-	434,290.34	434,290.34	5.00	Sangat Rentan
5	Desa Kradenan		444,461.62	-	-	-	434,290.34	878,751.96	2.98	Kurang rentan
31	Desa Ketambul		-	-	-	-	526,483.18	526,483.18	5.00	Sangat Rentan



32	Desa Cepokorejo		-	-	-	-	789,236.36	789,236.36	5.00	Sangat Rentan
34	Desa Leran Kulon		-	-	-	-	194,775.85	194,775.85	5.00	Sangat Rentan
37	Desa Tasikmadu		543,802.12	-	-	-	-	543,802.12	1.00	Tidak Rentan
38	Desa Glodog		-	-	-	-	434,851.02	434,851.02	5.00	Sangat Rentan
39	Desa Panyuran		496,415.57	561.90	-	-	-	496,977.47	1.00	Tidak Rentan
13	Desa Pabeyan	Kecamatan Tambakboyo	-	-	-	-	182,878.92	182,878.92	5.00	Sangat Rentan
14	Desa Tambakboyo		-	-	-	-	164,086.09	164,086.09	5.00	Sangat Rentan
15	Desa Kenanti		-	-	-	-	234,804.97	234,804.97	5.00	Sangat Rentan
16	Desa Sobontoro		-	-	-	-	564,219.54	564,219.54	5.00	Sangat Rentan
35	Desa Merkawang		-	-	-	-	225,753.33	225,753.33	5.00	Sangat Rentan
41	Desa Gadon		-	-	-	-	413,010.55	413,010.55	5.00	Sangat Rentan
43	Desa Glondonggede		-	-	-	-	612,740.23	612,740.23	5.00	Sangat Rentan
6	Kelurahan Baturetno	Kecamatan Tuban	-	151,660.30	-	-	-	151,660.30	2.00	Kurang rentan
7	Kelurahan Sendangharjo		-	143,026.98	-	-	-	143,026.98	2.00	Kurang rentan
8	Kelurahan Karangsari		-	-	141,740.21	-	-	141,740.21	3.00	Sedang
30	Kelurahan Sukolilo		68,271.00	192,151.73	-	-	-	260,422.73	1.74	Tidak Rentan
33	Kelurahan Sidomulyo		-	130,997.81	-	-	-	130,997.81	2.00	Kurang rentan
36	Kelurahan Kingking		-	108,687.73	169,654.02	-	-	278,341.75	2.61	Kurang rentan
40	Kelurahan Kutorejo		-	140,193.20	-	-	-	140,193.20	2.00	Kurang rentan

Lampiran 8.3 Data Nilai Parameter Ketinggian Geomorfologi Berdasarkan Desa  
Pantai Lokasi Penelitian

FID_ Desa_P	KELURAHAN	KECAMATAN	Luas (m)	Panjang Kontur (m)	Nilai_ elevasi	Kelas_elevasi
19	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	885228.61	8396.3833	9.68	Rentan
21	Desa Bogorejo		800160.52	4939.7172	8.31	Rentan
22	Desa Bulu Meduro		252680.13	1723.783	7.52	Rentan
23	Desa Boncong		629918.05	7487.1563	5.31	Rentan
24	Desa Banjarjo		184699.55	675.30083	7.68	Rentan
26	Desa Bulu Jowo		200805.24	573.05852	5.00	Sangat Rentan
29	Desa Sukolilo		1058503.8	4113.6866	5.00	Sangat Rentan
42	Desa Margosuko		906457.16	5651.1389	5.00	Sangat Rentan
9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	1339377.7	3974.0255	5.00	Sangat Rentan
10	Desa Jenu		790211.23	2025.7195	5.00	Sangat Rentan
11	Desa Beji		254892.21	612.38647	5.00	Sangat Rentan
12	Desa Kaliuntu		496946.65	1587.7472	5.62	Rentan
17	Desa Wadung		798892	3224.9474	5.73	Rentan
18	Desa Temaji		244329.91	312.22009	5.00	Sangat Rentan
20	Desa Purworejo		278459.14	413.69627	5.00	Sangat Rentan
25	Desa Mentoso		977596.42	4546.0742	6.47	Rentan
27	Desa Tasikharjo		1101880.5	6348.1498	5.69	Rentan
28	Desa Remen		710113.66	2409.8338	5.96	Rentan
44	Desa Socorejo		644534.35	1509.3913	5.00	Sangat Rentan
0	Desa Gesikharjo	Kecamatan Palang	486530.5	2147.5322	5.00	Sangat Rentan
1	Desa Palang		252850.98	1130.4046	5.00	Sangat Rentan
2	Desa Pliwetan		199994.67	199994.67	0.00	Sangat Rentan
3	Desa Sumurgung		12161.564	12161.564	0.00	Sangat Rentan
4	Desa Karangagung		434290.34	1566.1173	5.00	Sangat Rentan
5	Desa Kradenan		446505.54	1641.827	5.00	Sangat Rentan
31	Desa Ketambul		526483.18	526483.18	0.00	Sangat Rentan
32	Desa Cepokorejo		789236.36	789236.36	0.00	Sangat Rentan
34	Desa Leran Kulon		194775.85	194775.85	0.00	Sangat Rentan
37	Desa Tasikmadu		543802.12	2308.8066	7.35	Rentan
38	Desa Glodog		434851.03	1117.1332	5.00	Sangat Rentan
39	Desa Panyuran		496977.48	2308.0773	8.18	Rentan
13	Desa Pabeyan	Kecamatan Tambakboyoy	182878.92	278.77073	5.00	Sangat Rentan
14	Desa Tambakboyoy		164086.09	657.87925	5.00	Sangat Rentan
15	Desa Kenanti		234804.97	868.51036	5.00	Sangat Rentan
16	Desa Sobontoro		564219.54	2780.7705	5.00	Sangat Rentan
35	Desa Merkawang		225753.33	1014.1885	5.00	Sangat Rentan
41	Desa Gadon		413010.55	663.028	5.00	Sangat Rentan
43	Desa Glondonggede		612740.23	2456.4663	5.00	Sangat Rentan
6	Kelurahan Baturetno	Kecamatan Tuban	151660.3	601.62332	8.24	Rentan
7	Kelurahan Sendangharjo		143026.98	337.33761	5.00	Sangat Rentan
8	Kelurahan Karangsari		141740.21	234.19261	5.00	Sangat Rentan
30	Kelurahan Sukolilo		260422.73	1734.6637	7.45	Rentan
33	Kelurahan Sidomulyo		130997.81	352.94606	5.00	Sangat Rentan
36	Kelurahan Kingking		278341.74	357.24655	5.00	Sangat Rentan
40	Kelurahan Kutorejo		140193.2	121.28775	5.00	Sangat Rentan

Lampran 8.4. Selisih MHWL, MWL dan MLWL Tuban dan Semarang

Tahun	Bulan	Data Pasut Semarang (cm)			Data Pasut Tuban (cm)			Selisih		
		MHWL Smg	MWL Smg	MLWL Smg	MHWL Tbn	MWL Tbn	MLWL Tbn	MHWL	MWL	MLWL
2011	1	158	136	119						
	2	150	127	110						
	3	155	126	108	161	137	107	-6	-11	1
	4	152	128	109	162	139	109	-10	-11	0
	5	151	132	115	168	142	110	-17	-10	5
	6	152	129	109	166	138	103	-14	-9	6
	7	155	126	105	167	134	96	-12	-8	9
	8	146	124	105	158	131	94	-12	-7	11
	9	146	121	101	152	128	98	-6	-7	3
	10	145	125	111	167	132	98	-22	-7	13
	11	161	124	115	170	131	104	-9	-7	11
	12	172	131	110	170	136	101	2	-5	9
2012	1	170	138	111	173	146	98	-3	-8	13
	2	174	135	110	183	142	101	-9	-7	9
	3	165	137	116	187	143	104	-22	-6	12
	4	157	139	124	180	145	108	-23	-6	16
	5	159	138	122	182	142	113	-23	-4	9
	6	153	137	122	158	141	112	-5	-4	10
	7	150	131	114	153	134	107	-3	-3	7
	8	147	129	113	148	130	104	-1	-1	9
	9	144	127	113	145	128	103	-1	-1	10
	10	157	135	117	157	130	107	0	5	10
	11	177	146	119	177	134	109	0	12	10
	12	170	141	127	175	134	111	-5	7	16
2013	1	178	152	130	182	142	106	-4	10	24
	2									
	3	180	150	135	185	143	117	-5	7	18
	4	182	150	136	187	143	120	-5	7	16
	5	185	151	137	189	150	123	-4	1	14
	6	190	155	125	187	150	112	3	5	13
	7	164	149	133	162	146	118	2	3	15
	8	162	141	117	160	137	103	2	4	14
	9	163	140	123	154	135	109	9	5	14
	10	153	138	125	156	133	106	-3	5	19
	11	172	138	108	179	135	101	-7	3	7
	12	168	142	111	172	136	98	-4	6	13
2014	1	157	140	127						
	2	154	138	125	157	124	113	-3	14	12
	3	154	136	122	155	122	111	-1	14	11
	4	155	139	125	172	125	113	-17	14	12
	5	166	149	135	172	136	123	-6	13	12
	6	166	150	136	177	137	124	-11	13	12
	7	166	151	137	180	134	116	-14	17	21
	8	185	153	118	192	128	104	-7	25	14
	9	192	139	135	197	123	123	-5	16	12
	10	153	138	125	177	123	114	-24	15	11
	11	157	133	112	202	126	101	-45	7	11
	12	177	147	117	203	127	104	-26	20	13
Rata-rata Selisih								-8	3	11

Lampiran 8.5. Kedudukan Pasang Surut Air Laut Rata-Rata Berdasarkan Data Bakosurtanal Semarang (1985-2014) dan Prediksi Kabupaten Tuban (1985-2014)

No	Tahun	Semarang				Prediksi Tuban			
		MHWL SMG	MWL SMG	MLWL SMG	Tidal Range (cm)	MHWL Tbn	MWL Tbn	MLWL Tbn	Tidal Range (cm)
1	1985	108	81	58	50	116	78	47	69
2	1986	103	79	58	45	111	76	47	64
3	1987	104	81	60	45	112	78	49	64
4	1988	116	89	65	51	124	86	54	70
5	1989	119	95	74	45	127	92	63	64
6	1990	117	97	80	36	125	94	69	55
7	1991	121	99	79	41	129	96	68	60
8	1992	123	105	91	32	131	102	80	51
9	1993	134	109	85	49	142	106	74	68
10	1994	132	110	91	41	140	107	80	60
11	1995	142	123	104	38	150	120	93	57
12	1996	150	140	119	31	158	137	108	50
13	1997	155	140	121	34	163	137	110	53
14	1998	142	125	109	34	150	122	98	53
15	1999	140	120	100	40	148	117	89	59
16	2000	101	80	61	39	109	77	50	58
17	2001	100	77	58	42	108	74	47	61
18	2002	120	102	84	36	128	99	73	55
19	2003	113	92	72	41	121	89	61	60
20	2004	115	94	61	54	123	91	50	73
21	2005	110	78	51	58	118	75	40	77
22	2006	125	95	62	63	133	92	51	82
23	2007	132	109	88	44	140	106	77	63
24	2008	133	111	92	41	141	108	81	60
25	2009	132	109	88	44	140	106	77	63
26	2010	122	99	77	45	130	96	66	64
27	2011	154	127	110	44	162	124	99	63
28	2012	160	136	117	43	168	133	106	62
29	2013	172	146	125	47	180	143	114	66
30	2014	177	147	117	60	185	144	106	79
Rata-Rata		129	107	85	44	137	104	74	63

Lampiran 8.6. Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan Kabupaten Tuban

<b>Tahun</b>	<b>Longitude</b>	<b>Latitude</b>	<b>SHW Rata-rata</b>	<b>SHW pertahun Tuban</b>
2000	111.6875	-6.6875	0.268110343	0.268110343
	111.8125	-6.6875	0.284676555	
	111.9375	-6.6875	0.297488136	
	112.0625	-6.6875	0.30728523	
	112.1875	-6.6875	0.314613485	
2001	111.6875	-6.6875	0.298077238	0.298077238
	111.8125	-6.6875	0.316576733	
	111.9375	-6.6875	0.331343906	
	112.0625	-6.6875	0.342396893	
	112.1875	-6.6875	0.349894913	
2002	111.6875	-6.6875	0.335206792	0.335206792
	111.8125	-6.6875	0.349852593	
	111.9375	-6.6875	0.363555082	
	112.0625	-6.6875	0.373663263	
	112.1875	-6.6875	0.379583794	
2003	111.6875	-6.6875	0.372673406	0.372673406
	111.8125	-6.6875	0.392023192	
	111.9375	-6.6875	0.408342473	
	112.0625	-6.6875	0.420340461	
	112.1875	-6.6875	0.427835739	
2004	111.6875	-6.6875	0.375309612	0.375309612
	111.8125	-6.6875	0.394356213	
	111.9375	-6.6875	0.410889458	
	112.0625	-6.6875	0.423224063	
	112.1875	-6.6875	0.431105364	
2005	111.6875	-6.6875	0.333928619	0.333928619
	111.8125	-6.6875	0.350754759	
	111.9375	-6.6875	0.350754759	
	112.0625	-6.6875	0.377213873	
	112.1875	-6.6875	0.384660483	
2006	111.6875	-6.6875	0.382066382	0.382066382
	111.8125	-6.6875	0.403335509	
	111.9375	-6.6875	0.421376946	
	112.0625	-6.6875	0.434978629	
	112.1875	-6.6875	0.444007881	
2007	111.6875	-6.6875	0.347299513	0.347299513
	111.8125	-6.6875	0.366332194	
	111.9375	-6.6875	0.382173322	
	112.0625	-6.6875	0.394032705	
	112.1875	-6.6875	0.401814199	
2008	111.6875	-6.6875	0.405870601	0.405870601
	111.8125	-6.6875	0.427950781	
	111.9375	-6.6875	0.445594679	
	112.0625	-6.6875	0.458472998	
	112.1875	-6.6875	0.466527236	
2009	111.6875	-6.6875	0.33854286	0.33854286
	111.8125	-6.6875	0.356878282	
	111.9375	-6.6875	0.371899453	
	112.0625	-6.6875	0.382922907	
	112.1875	-6.6875	0.38988711	
2010	111.6875	-6.6875	0.264018412	0.264018412
	111.8125	-6.6875	0.279677534	

	111.9375	-6.6875	0.292018116	
	112.0625	-6.6875	0.30120974	
	112.1875	-6.6875	0.307757473	
2011	111.6875	-6.6875	0.348457153	0.348457153
	111.8125	-6.6875	0.366903449	
	111.9375	-6.6875	0.381477919	
	112.0625	-6.6875	0.391899892	
	112.1875	-6.6875	0.398483807	
2014	111.6875	-6.6875	0.405415378	0.405415378
	111.8125	-6.6875	0.421369861	
	111.9375	-6.6875	0.43977397	
	112.0625	-6.6875	0.454029584	
	112.1875	-6.6875	0.462173232	
2015	111.6875	-6.6875	0.430747757	0.430747757
	111.8125	-6.6875	0.457686349	
	111.9375	-6.6875	0.485430885	
	112.0625	-6.6875	0.505602392	
	112.1875	-6.6875	0.515706949	
Rata-rata Tinggi Gelombang Signifikan (m)				0.430747757



Lampiran 8.7 Data Nilai Parameter Litologi Berdasar Desa Pantai Lokasi Penelitian

FID_Desa_P	KELURAHAN	KECAMATAN	Jenis Sedimen	D50	Nil_Litolo	Kelas_Lito
19	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	Gravelly Sand	0.37	4	Rentan
21	Desa Bogorejo		Gravelly Sand	0.37	4	Rentan
22	Desa Bulu Meduro		Gravelly Sand	0.6	4	Rentan
23	Desa Boncong		Gravelly Sand	0.37	4	Rentan
24	Desa Banjarjo		Gravelly Sand	0.37	4	Rentan
26	Desa Bulu Jowo		Gravelly Sand	0.6	4	Rentan
29	Desa Sukolilo		Gravelly Sand	0.6	4	Rentan
42	Desa Margosuko		Gravelly Sand	0.37	4	Rentan
9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	Slightly Gravelly Sand	0.17	5	Sangat Rentan
10	Desa Jenu		Slightly Gravelly Sand	0.17	5	Sangat Rentan
11	Desa Beji		Slightly Gravelly Sand	0.17	5	Sangat Rentan
12	Desa Kaliuntu		Slightly Gravelly Sand	0.17	5	Sangat Rentan
17	Desa Wadung		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
18	Desa Temaji		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
20	Desa Purworejo		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
25	Desa Mentoso		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
27	Desa Tasikharjo		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
28	Desa Remen		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
44	Desa Socorejo		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
0	Desa Gesikharjo	Kecamatan Palang	Sandy Gravel	0.58	3	Sedang
1	Desa Palang		Sandy Gravel	0.58	3	Sedang
2	Desa Pliwetan		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
3	Desa Sumurgung		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
4	Desa Karangagung		Sandy Gravel	0.58	3	Sedang
5	Desa Kradenan		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
31	Desa Ketambul		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
32	Desa Cepokorejo		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
34	Desa Leran Kulon		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
37	Desa Tasikmadu		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
38	Desa Glodog		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
39	Desa Panyuran		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
13	Desa Pabeyan	Kecamatan Tambakboyo	Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
14	Desa Tambakboyo		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
15	Desa Kenanti		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
16	Desa Sobontoro		Gravelly Sand	0.58	4	Rentan
35	Desa Merkawang		Gravelly Sand	0.58	4	Rentan
41	Desa Gadon		Gravelly Sand	0.58	4	Rentan
43	Desa Glondonggede		Slightly Gravelly Sand	0.38	5	Sangat Rentan
6	Kelurahan Baturetno	Kecamatan Tuban	Slightly Gravelly Sand	0.37	5	Sangat Rentan
7	Kelurahan Sendangharjo		Slightly Gravelly Sand	0.37	5	Sangat Rentan
8	Kelurahan Karangsari		Slightly Gravelly Sand	0.37	5	Sangat Rentan
30	Kelurahan Sukolilo		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan
33	Kelurahan Sidomulyo		Slightly Gravelly Sand	0.37	5	Sangat Rentan
36	Kelurahan Kingking		Slightly Gravelly Sand	0.37	5	Sangat Rentan
40	Kelurahan Kutorejo		Slightly Gravelly Sand	0.18	5	Sangat Rentan

Lampiran 8.8 Data Nilai Parameter Kerusakan Pantai Berdasar Desa Pantai Lokasi Penelitian

No	FID_Desa_P	DESA PANTAI	KECAMATAN PANTAI	Luas KP (m2)	Luas KP (km2)	Kelas_KP
1	19	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	53,331.66	53.33	Rentan
2	21	Desa Bogorejo		80,636.41	80.64	Rentan
3	22	Desa Bulu Meduro		14,090.16	14.09	Kurang Rentan
4	23	Desa Boncong		37,135.08	37.14	Sedang
5	24	Desa Banjarjo		48,983.12	48.98	Sedang
6	26	Desa Bulu Jowo		23,865.54	23.87	Sedang
7	29	Desa Sukolilo		52,826.59	52.83	Rentan
8	42	Desa Margosuko		42,497.72	42.50	Sedang
9	13	Desa Pabeyan	Kecamatan Tambakboyo	9,379.24	9.38	Kurang Rentan
10	14	Desa Tambakboyo		6,155.97	6.16	Kurang Rentan
11	15	Desa Kenanti		6,937.43	6.94	Kurang Rentan
12	16	Desa Sobontoro		24,235.48	24.24	Sedang
13	35	Desa Merkawang		5,725.65	5.73	Kurang Rentan
14	41	Desa Gadon		20,436.79	20.44	Sedang
15	43	Desa Glondonggede		22,533.40	22.53	Sedang
16	9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	209,337.29	209.34	Sangat Rentan
17	10	Desa Jenu		145,902.81	145.90	Sangat Rentan
18	11	Desa Beji		32,351.84	32.35	Sedang
19	12	Desa Kaliuntu		51,156.28	51.16	Rentan
20	17	Desa Wadung		72,582.65	72.58	Rentan
21	18	Desa Temaji		10,029.87	10.03	Kurang Rentan
22	20	Desa Purworejo		14,133.92	14.13	Kurang Rentan
23	25	Desa Mentoso		105,792.58	105.79	Sangat Rentan
24	27	Desa Tasikharjo		128,906.23	128.91	Sangat Rentan
25	28	Desa Remen		18,963.75	18.96	Kurang Rentan
26	44	Desa Socorejo		43,940.81	43.94	Sedang
27	6	Kelurahan Baturetno	Kecamatan Tuban	16,253.92	16.25	Kurang Rentan
28	7	Kelurahan Sendangharjo		17,278.94	17.28	Kurang Rentan
29	8	Kelurahan Karang Sari		24,844.45	24.84	Sedang
30	30	Kelurahan Sukolilo		29,187.92	29.19	Sedang
31	33	Kelurahan Sidomulyo		20,242.21	20.24	Sedang
32	36	Kelurahan Kingking		39,089.28	39.09	Sedang
33	40	Kelurahan Kutorejo		12,035.69	12.04	Kurang Rentan
34	0	Desa Gesikharjo	Kecamatan Palang	44,891.95	44.89	Sedang
35	1	Desa Palang		36,203.69	36.20	Sedang
36	2	Desa Pliwetan		0.00	0.00	Tidak Rentan
37	3	Desa Sumurgung		0.00	0.00	Tidak Rentan
38	4	Desa Karangagung		67,727.98	67.73	Rentan
39	5	Desa Kradenan		45,078.41	45.08	Sedang
40	31	Desa Ketambul		0.00	0.00	Tidak Rentan
41	32	Desa Cepokorejo		0.00	0.00	Tidak Rentan
42	34	Desa Leran Kulon		16,700.61	16.70	Kurang Rentan
43	37	Desa Tasikmadu		69,988.97	69.99	Rentan
44	38	Desa Glodog		65,027.02	65.03	Rentan
45	39	Desa Panyuran		59,276.66	59.28	Rentan

Lampiran 8.9 Data Nilai Parameter Penggunaan Lahan Berdasar Desa Pantai Lokasi Penelitian

FiD_ Desa	Desa Pantai (Lokasi Penelitian)	Kecamatan Pantai (Lokasi Penelitian)	Luas (m2)					Luas Sel	Nilai Landuse	Kelas Landuse
			Tegalan,hutan bakau, tanah kosong dan rawa	Daerah wisata domestik dan tambak tradisional	Persawahan dan tambak intensif	pemukiman, pelabuhan, perkantoran, jalan propinsi, dan sekolah	cagar budaya, daerah wisata berdevisa, industri, jalan negara dan fasilitas pertahanan negara			
19	Desa Bancar	Kecamatan Bancar	312,725.50	-	41,232.92	326,121.55	205,148.66	885,228.62	3.13	Sedang
21	Desa Bogorejo		175,403.60	20,995.61	457,875.45	145,885.86	-	800,160.52	2.72	Kurang Rentan
22	Desa Bulu Meduro		24,567.54	-	-	228,112.60	-	252,680.13	3.71	Sedang
23	Desa Boncong		95,188.34	-	257,383.85	277,345.87	-	629,918.06	3.14	Sedang
24	Desa Banjarjo		20,106.55	-	-	157,982.88	6,610.13	184,699.55	3.60	Sedang
26	Desa Bulu Jowo		11,359.09	-	-	-	45,858.57	57,217.66	4.21	Rentan
29	Desa Sukolilo		87,363.56	5,062.96	493,440.16	471,313.73	1,323.37	1,058,503.79	3.28	Sedang
42	Desa Margosuko		188,631.50	-	166,388.55	551,437.11	-	906,457.16	3.19	Kurang Rentan
9	Desa Sugihwaras	Kecamatan Jenu	269,268.72	-	445,248.42	624,860.60	-	1,339,377.74	3.06	Sedang
10	Desa Jenu		211,765.44	-	180,505.90	397,939.89	-	790,211.24	2.97	Kurang Rentan
11	Desa Beji		46,324.95	-	13,664.03	194,903.23	-	254,892.21	3.40	Sedang
12	Desa Kaliuntu		135,310.01	-	72,662.20	288,974.44	-	496,946.65	3.04	Sedang
17	Desa Wadung		130,558.80	-	10,123.77	43,302.30	31,840.45	215,825.32	2.29	Kurang Rentan
18	Desa Temaji		44,885.92	-	154,815.94	-	44,809.37	244,511.23	3.00	Sedang
20	Desa Purworejo		576.75	-	-	12,962.14	265,063.90	278,602.78	4.95	Rentan
25	Desa Mentoso		264,254.04	-	12,457.08	414,791.47	286,093.83	977,596.42	3.47	Rentan
27	Desa Tasikharjo		76,585.90	-	61,057.16	105,535.85	788,658.63	1,031,837.55	4.48	Rentan
28	Desa Remen		31,541.52	-	-	64,409.99	614,162.14	710,113.66	4.73	Rentan

44	Desa Socorejo	Kecamatan Palang	74,929.73	-	262,900.68	57,907.33	248,834.29	644,572.03	3.63	Sedang
0	Desa Gesikharjo		123,947.76	-	114,425.59	248,157.16	-	486,530.51	3.00	Sedang
1	Desa Palang		43,450.66	-	68,552.62	140,847.71	-	252,850.98	3.21	Sedang
2	Desa Pliwetan		11,482.91	-	136,733.04	51,778.72	-	199,994.67	3.14	Sedang
3	Desa Sumurgung		-	-	-	12,161.56	-	12,161.56	4.00	Rentan
4	Desa Karangagung		14,012.16	-	77,117.81	343,160.37	-	434,290.34	3.73	Sedang
5	Desa Kradenan		144,321.33	-	19,655.73	282,528.48	-	446,505.54	2.99	Kurang Rentan
31	Desa Ketambul		15,442.29	-	511,040.89	-	-	526,483.17	2.94	Kurang Rentan
32	Desa Cepokorejo		23,147.43	-	747,977.95	18,110.98	-	789,236.36	2.96	Kurang Rentan
34	Desa Leran Kulon		31,097.41	-	58,723.33	82,204.27	22,750.84	194,775.85	3.34	Sedang
37	Desa Tasikmadu		84,164.44	-	84,164.44	-	201,498.93	369,827.81	3.63	Sedang
38	Desa Glodog		2,897.54	-	236,598.72	161,869.12	-	401,365.38	3.39	Sedang
39	Desa Panyuran		206,232.85	-	29,689.10	261,055.54	-	496,977.49	2.70	Kurang Rentan
13	Desa Pabeyan	Kecamatan Tambakboyoy	31,334.53	-	2,640.64	182,878.92	-	216,854.09	3.55	Sedang
14	Desa Tambakboyoy		26,915.59	-	-	137,170.50	-	164,086.09	3.51	Sedang
15	Desa Kenanti		44,139.54	-	2,224.51	164,226.65	24,214.27	234,804.97	3.53	Sedang
16	Desa Sobontoro		150,746.58	-	3,261.92	385,491.42	24,719.61	564,219.54	3.24	Sedang
35	Desa Merkawang		69,719.28	-	20,660.97	135,373.07	-	225,753.33	2.98	Kurang Rentan
41	Desa Gadon		132,852.33	-	30,463.99	249,694.23	-	413,010.55	2.96	Kurang Rentan
43	Desa Glondonggede		178,932.18	-	134,698.77	217,854.60	81,254.68	612,740.23	3.04	Sedang
6	Kelurahan Baturetno	Kecamatan Tuban	31,597.47	-	-	120,062.83	-	151,660.30	3.37	Sedang
7	Kelurahan Sendangharjo		25,217.44	-	-	117,809.55	-	143,026.98	3.47	Sedang
8	Kelurahan Karangsari		47,507.03	-	-	94,233.18	-	141,740.21	2.99	Kurang Rentan
30	Kelurahan Sukolilo		50,604.35	-	37,278.10	172,540.27	-	260,422.71	2.99	Kurang Rentan
33	Kelurahan Sidomulyo		42.12	-	-	130,955.69	-	130,997.81	4.00	Sedang
36	Kelurahan Kingking		12,522.36	-	-	265,819.39	-	278,341.75	3.87	Sedang
40	Kelurahan Kutorejo		27,656.28	-	-	112,536.93	-	140,193.21	3.41	Sedang

Lampiran 8.10 Panjang Struktur pelindung Pantai di Lokasi Penelitian

FID_Desa_P	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	Lenght_pantai	Panjang Struktur Pelindung Pantai	Model struktur Pelindung pantai	Persentase Panjang Pelindung Pantai terhadap panjang pantai	Kelas Kerentanan
19	Bancar	Kecamatan Bancar	3,070.63	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
21	Bogorejo		2,763.94	314.43	dinding pantai	11.38%	Rentan
22	Bulu Meduro		841.02	440.79	dinding pantai	52.41%	Tidak Rentan
23	Boncong		2,208.38	635.19	dinding pantai	28.76%	Sedang
24	Banjarjo		586.85	0.00	0	0.00%	Sangat rentan
26	Bulu Jowo		660.74	0.00	0	0.00%	Sangat rentan
29	Sukolilo		3,619.21	753.17	dinding pantai	20.81%	Sedang
42	Margosuko		2,810.96	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
			16,561.72	2,143.59		12.94%	
9	Sugihwaras	Kecamatan Jenu	4,272.82	4,272.82	dinding pantai	100.00%	Tidak Rentan
10	Jenu		2,462.53	751.64	dinding pantai	30.52%	Kurang Rentan
11	Beji		905.21	905.21	dinding pantai	100.00%	Tidak Rentan
12	Kaliuntu		1,845.52	482.02	dinding pantai	26.12%	Sedang
17	Wadung		2,619.67	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
18	Temaji		823.90	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
20	Purworejo		939.91	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
25	Mentoso		3,345.71	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
27	Tasikharjo		3,747.14	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
28	Remen		2,370.53	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
44	Socorejo		2,143.05	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
			25,475.99	6,411.69		25.17%	
0	Gesikharjo	Kecamatan Palang	1,587.62	1,587.62	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
1	Palang		891.75	891.75	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
2	Pliwetan		606.60	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
4	Karangagung		1,658.25	1,658.25	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
5	Kradenan		1,468.15	1,468.15	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan

FID_Desa_P	Desa Pantai	Kecamatan Pantai	Lenght_pantai	Panjang Struktur Pelindung Pantai	Model struktur Pelindung pantai	Persentase Panjang Pelindung Pantai terhadap panjang pantai	Kelas Kerentanan
31	Ketambul		1,885.34	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
32	Cepokorejo		2,722.12	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
34	Leran Kulon		817.89	817.89	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
37	Tasikmadu		1,770.45	1,770.45	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
38	Glodog		1,614.07	9.89	dinding rumah	0.61%	Sangat Rentan
38	Glodog		9.89	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
39	Panyuran		1,860.54	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
			16,892.67	8,204.01		48.57%	
13	Pabeyan	Kecamatan Tambakboyoy	607.83	607.83	dinding pantai	100.00%	Tidak Rentan
14	Tambakboyoy		526.90	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
15	Kenanti		766.82	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
16	Sobontoro		1,897.33	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
35	Merkawang		721.31	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
41	Gadon		1,442.78	643.87	dinding pantai	44.63%	Kurang Rentan
43	Glondonggede		2,062.49	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
			8,025.48	1,251.70		15.60%	
6	Baturetno	Kecamatan Tuban	472.17	472.17	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
7	Sendangharjo		459.35	459.35	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
8	Karangsari		692.43	692.43	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
30	Sukolilo		909.30	0.00	0	0.00%	Sangat Rentan
33	Sidomulyo		450.97	450.97	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
36	Kingking		882.46	882.46	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
40	Kutorejo		1,670.70	1,670.70	dinding rumah	100.00%	Tidak Rentan
			5,537.38	4,628.08		83.58%	



## DAFTAR PUSTAKA

- Aagaard, T., Sørensen, P., 2013. Sea level rise and the sediment budget of an eroding barrier on the Danish North Sea coast. *Journal of Coastal Research* (SI 65): 434–439.
- Abbasi, F., Asmari, M., and Arabshahi, H., 2011. Simulation of Forecasting Assessment for Iran Climate Change Using MAGICC-SCENGEN Method. *International Journal of Science and Advanced Technology* (ISSN 2221-8386), Volume 1 No 6 August 2011, <http://www.ijsat.com>, (Online) [http://www.ijsat.com/admin/download/\[11-01-06015\].pdf](http://www.ijsat.com/admin/download/[11-01-06015].pdf)
- Abuodha, P.A. and Woodroffe, C.D., 2006 Assessing Vulnerability of Coasts to Climate Change: A Review of Approaches and Their Application to the Australian Coast 2006. <http://ro.uow.edu.au/> ( diakses 2 Maret 2013)
- Adger, W.N., Dessai, S., Goulden, M., Hulme, M., Lorenzoni, I., Nelson, D.R., Naess, L.O., Wolf, J., Wreford, A., 2009. Are there social limits to adaptation to climate change? *Clim. Change* 93, 335–354. doi:10.1007/s10584-008-9520-z
- Allen, J.R., 1981. Beach erosion as a function of variations in the sediment budget, Sandy Hook, New Jersey, USA. *Earth Surface Process and Landform* 6 (2): 139–150.
- Anna, S. 2003. Model Embedded Dinamik Ekonomi Interaksi Perikanan-Pencemaran. Desertasi Program pasca sarjana IPB, Bogor Azhar dkk., 2012
- Arnell, N.W., 2004. Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Glob. Environ. Change* 14, 31–52. doi:10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006
- Azhar, M.R., Suntoyo, Mahmud Musta'in. 2012. Analisa Perubahan Garis Pantai Tuban, Jawa Timur dengan Menggunakan *Empirical Orthogonal Function* (EOF). *JURNAL Teknik ITS* Vol. 1, No. 1( Sept. 2012) ISSN: 2301- 9271 hal G286-G291
- Babaeian, I., Kwon, W.T., and Im, E.S., 2004. Application of Weather Generator Technique for Climate Change Assessment Over Korea. Korea Meteorological Research Institute and Climate Research Lab, Korea, pp: 75
- Baede, A.P.M. (2015). Annex I. Glossary: IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change (PDF). Intergovernmental Panel on Climate Change. p. 942. Retrieved 13 November 2015. <http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ar4-wg1.pdf>
- Bagdanaviciut, I., Kelpsaite, L. and Soomere, T., 2015. Multi-criteria evaluation approach to coastal vulnerability index development in micro-tidal low-lying areas. *Ocean & Coastal Management* 104: 124- 135
- Bakosurtanal, 2008. Garis Pantai Indonesia Bakosurtanal 2008-BIG–shapefile Garis Pantai Kabupaten Tuban. <http://data.inaddx.imorum.com/dataset/garis-pantai-indonesia-bakosurtanal-2008>
- Bambang Widjajanta dan Aristanti Widyaningsih. 2007. Mengasah Kemampuan Ekonomi. Citra Praya, Bandung.
- Beetham, E.P., and Kench, P.S., 2014. Wave energy gradients and shoreline change on Vabbinfaru platform, Maldives. *Geomorphology*, 209, 98 – 110. Bijlsma *et al.*, 1996;
- Bindoff, N.L., P.A. Stott, K.M. AchutaRao, M.R. Allen, N. Gillett, D. Gutzler, K. Hansingo, G. Hegerl, Y. Hu, S. Jain, I.I. Mokhov, J. Overland, J. Perlwitz, R. Sebbari and X. Zhang, 2013: Detection and Attribution of Climate Change: from Global to Regional. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M.

- Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Bird, E.C. F. 2000, Coastal Geomorphology: An Introduction: John Wiley, New York. [A textbook summary of the principles of coastal geomorphology for the non-specialist]
- BLH, 2015. Laporan Status Lingkungan Hidup Daerah Kabupaten Tuban
- BNPB, 2007. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana. Jakarta: BNPB  
[http://bnpb.go.id/ppid/file/UU\\_24\\_2007.pdf](http://bnpb.go.id/ppid/file/UU_24_2007.pdf)
- Boggs, Sam, J. R., 1995, Principles of Sedimentology and Stratigraphy, University of Oregon, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Boruff, B.J.; Emrich, C, And Cutter, S.L., 2005. Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research*. 21(5), 932-942. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208.
- Bouregaa, T., Fenni, M., n.d. Projected Changes in Annual Temperature and Precipitation in Setif High Plains Region (North East of Algeria).
- BPN, 2015. Peta Online Badan Pertanahan Nasional.
- BPS. 2015. Katalog Dalam Terbitan PDRB Kabupaten Tuban Menurut Lapangan Usaha 2011-2015. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tuban
- Brooks, S.M., T. Spencer, and S.Boreham, 2012. Deriving mechanisms and thresholds for cliff retreat in soft-rock cliffs under changing climates: Rapidly retreating cliffs of the Suffolk coast, UK. *Geomorphology*, 153/154, 48-60.
- Brooks, S.M., and Spencer, T., 2012. Shoreline retreat and sediment release in response to accelerating sea level rise: measuring and modelling cliffline dynamics on the Suffolk Coast, UK. *Global and Planetary Change*: 80–81.
- Brunel, C., Sabatier, F., 2007. Pocket beach vulnerability to sea-level rise. *Journal of Coastal Research*: 604–609.
- Brunel, C., Sabatier, F., 2009. Potential influence of sea-level rise in controlling shoreline position on the French Mediterranean Coastal Geomorphology 107 (1–2):47–57.
- Bruun, P., 1962, Sea Level Rise as a Cause of Shore Erosion. *Journal of Waterways and Harbors Division, American Society of Civil Engineers Proceedings* 88, p. 117-130. [A classic paper outlining the Bruun rule for prediction of shoreline retreat]
- Bruun, P., 1988. The Bruun Rule of Erosion by Sea Level Rise: A Discussion On Large Scale Two and Three - Dimensional Usages. Di dalam *Journal of Coastal Research* 4:4, pp. 627-648
- Carrasco, A.R., Ferreira, Ó., Matias, A., and Freire, P., 2012. Natural and human-induced coastal dynamics at a back-barrier beach. *Geomorphology*, 159/160, 30-36.
- Chambers, F.M., R.K. Booth, F. De Vleeschouwer, M. Lamentowicz, G. Le Roux, D. Mauquoy, J.E. Nichols, and B. van Geel, 2012: Development and refinement of proxy-climate indicators from peats. *Quat. Int.*, **268**, 21-33, doi:10.1016/j.quaint.2011.04.039.
- CHL (Coastal Hydraulic Laboratory), 2002. Coastal Engineering Manual, Part I-VI. Washington DC: Department of the Army. U.S. Army Corp of Engineers. climate change, *Environmental Research Letters*:4 , 045103, pp 1-6
- Chust, G., Borja, A., Liria, P., Galparsoro, I., Marcos, M., Caballero, A., Castro, R., 2009. Human impacts overwhelm the effects of sea-level rise on Basque coastal habitats (N Spain) between 1954 and 2004. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84 (4):453–462
- Darwin, R F., and Toll, R. S. J., 2001. Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise. *J Environmental and Resource Economics* 19:113-129.
- Conde, C., Estrada, F., Martínez, B., Sánchez, O., and Gay, C., 2011. Regional Climate Change Scenarios for México. *Atmósfera* 24(1), pp. 125-140 (online)  
<http://www.journals.unam.mx/index.php/atm/article/download/23806/223>  
 98 diakses 12 oktober 2012

- Cooper and Pilkey, 2004, Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule., *Global and Planetary Change* 43, 157–171
- Corbella, S., Stretch, D.D., 2012. Decadal trends in beach morphology on the east coast of South Africa and likely causative factors. *Natural Hazards and Earth System Science* 12 (8): 2515–2527
- Dahuri, R. 2003. Keanekaragaman Hayati Laut. Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia. PT Gramedia Pustaka. Utama. Jakarta. hal 63, 64
- Dahuri, R., J. Rais, S. P Ginting, dan M.J Sitepui., 2001. *Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu*. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Darwin, R F., and Toll, R. S. J., 2001. Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise. *J Environmental and Resource Economics* 19:113-129.
- Denner, K., Phillips, M.R., Jenkins, R.E., and Thomas, T., 2015. A coastal vulnerability and environmental risk assessment of Loughor Estuary, South Wales. *Ocean & Coastal Management* 116: 478-490
- Dessai, S., Lu, X., and Risbey, J. S., 2005. On the role of climate scenarios for adaptation planning. *Global Environmental Change* 15: pp. 87–97.
- Dinas Pekerjaan Umum Kabupaten Tuban. 2013. Laporan Pembangunan *Sea Wall* Pesisir Tuban
- Diposaptono, B., 2009. Erosi Pantai (Coastal Erosion), Prosiding Pelatihan Pengelolaan Wilayah Pesisir Terpadu, (online) <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/24571> diakses 12 Oktober 2012
- Diposaptono, S., Budiman, dan Agung, F., 2009. Menyiasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-pulau Kecil. Penerbit Ilmiah Populer, Bogor
- Djauhari, Noor. 2009. Pengantar Geologi. CV Graha Ilmu. Bogor. 100 hal.
- DKP. 2004. Pedoman Mitigasi Bencana Alam di Wilayah Pesisir dan Pulau -Pulau Kecil. Departemen Kelautan Dan Perikanan. Jakarta.
- Doyle, T.W., Chivoiu, Bogdan, and Enwright, N.M., 2015, Sea-level rise modeling handbook—Resource guide for coastal land managers, engineers, and scientists: U.S. Geological Survey Professional Paper 1815, 76 p., <http://dx.doi.org/10.3133/pp1815>
- ETC CCA. 2011. Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. The European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaptation (ETC CCA) is a consortium of European institutes under contract of the European Environment Agency: CMCC Alterra AU-NERI CUNI FFCUL MetOffice SYKE THETIS UFZ UPM
- Fahrudin A. 1996. Analisis Ekonomi Pengelolaan Lahan Pesisir Kabupaten Subang, Jawa Barat. [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Fairley, I., Davidson, M., Kingston, K., Dolphin, T., and Phillips, R., 2009. Empirical Orthogonal Function Analysis Of Shoreline Changes Behind Two Different Design Of Detached Breakwaters. *Journal Coastal Engineering*. Vol 56. Elsevier (Sciencedirect). 1097-1108p
- FAO, .2007. Building Adaptive Capacity To Climate Change: Policies To Sustain Livelihoods And Fisheries. New Directions in Fisheries – A Series of Policy Briefs on Development Issues No. 8. FAO Rome, Italy, pp 16.
- Fauzi, A. dan Anna, S., 2002. Penilaian Depresiasi Sumberdaya Perikanan Sebagai Bahan Pertimbangan Penentuan Kebijakan Pembangunan Perikanan. *Jurnal Pesisir dan lautan* Vol 4 No. 2 pp. 36-49
- Finkl, C.W., 2004. Coastal classification: Systematic approaches to the development of a proposed comprehensive scheme. *Journal of Coastal Research*, 20(1), 166–213
- Firman A., 2009, Mangrove dan Perubahan Iklim, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Padjadjaran, (online) <http://fpik.unpad.ac.id/archives/112> , diakses 12 Oktober 2012

- Fischhoff, B., 2000. Value elicitation: is there anything in there? In: Connolly, T., Arkes, H.R., Hammond, K.R. (Eds.), *Judgement and Decision-making. An Interdisciplinary Reader*. CUP, Cambridge, pp. 517–543.
- Fischlin, A., G.F. Midgley, J.T. Price, R. Leemans, B. Gopal, C. Turley, M.D.A. Rounsevell, O.P. Dube, J. Tarazona, A.A. Velichko, 2007: Ecosystems, their properties, goods, and services Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change , M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, Eds., Cambridge University Press, Cambridge, 211-272.
- Foale, S., Adhuri, D., Aliño, P., Allison, E.H., Andrew, N., Cohen, P., Evans, L., Fabinyi, M., Fidelman, P., Gregory, C., Stacey, N., Tanzer, J., Weeratunge, N., 2013. Food security and the Coral Triangle Initiative. *Mar. Policy* 38, 174–183. doi:10.1016/j.marpol.2012.05.033
- Fordham, D.A., Wigley, T.M.L., Watts, M.J., Brook, B.W., 2012. Strengthening forecasts of climate change impacts with multi-model ensemble averaged projections using MAGICC/SCENGEN 5.3. *Ecography* 35, 4–8. doi:10.1111/j.1600-0587.2011.07398.x
- Frankcombe L M, McGregor S and England M H 2014 Robustness of the modes of Indo-Pacific sea level variability *Clim. Dyn.* 1–18 doi:10.1007/s00382-014-2377-0
- Garces, L. R., Pido, M. D., and Pomeroy, R. S., 2008. Fisheries In Southeast Asia: Challenges And Opportunities , Editors: Pandya, A., and Laipson, E., The Henry L. Stimson Center, Washington DC, pp 171-182
- Garcin, M., Baills, A., Le Cozannet, G., Bulteau, T., Auboin, A.-L., Sauter, J., 2013. Pluridecadal impact of mining activities on coastline mobility of estuaries of New Caledonia (South Pacific). *Journal of Coastal Research* (SI 65): 494–499
- Giorgi, F., Hewitson, B., Christensen, J., Hulme, M., Von Storch, H., Whetton, P., Jones, R., Mearns, L., and Fu, C., 2001. Regional Climate Information-Evaluation and Projections. In: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (J.T. Houghton et al., Eds). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 583-638.
- González-Villanueva, R., Costas, S., Pérezarlucea, M., Jerez, S., and Trigo, R.M., 2013. Impact of atmospheric circulation patterns on coastal dune dynamics, NW Spain. *Geomorphology*, 185, 96109.
- Goosse H., P.Y. Barriat, W. Lefebvre, M.F. Loutre and V. Zunz, (2010). Introduction to climate dynamics and climate modeling. Online textbook available at <http://www.climate.be/textbook>
- Gornitz, V., T. W. Beaty, dan R. C. Daniels. 1997. A Coastal Hazards Data Base For The U.S. West Coast. Oak Ridge National Laboratory. Oak Ridge.Tennessee.
- Gusev, E. M. and Nasonova, O. N., 2007. Technique for Estimating the Dynamics of Water and Carbon Budgets of a Coniferous Forest Ecosystem. *Izvestiya Atmospheric and Oceanic Physics*, 2007, Vol. 43, No. 1, pp. 70–80.
- Gutierrez, B.T., Plant, N.G., Thieler, E.R., 2011. A Bayesian network to predict coastal vulnerability to sea level rise. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface* 116:15
- Hamlington, B. D., Leben, R. R., Nerem, R. S., and Kim, K.-Y. 2011. The effect of signal-to-noise ratio on the study of sea level trends, *J.Climate*, 24, 1396–1408.
- Hamlington, B. D., Leben, R. R., Strassburg, M. W., Nerem, R. S., and K.-Y. Kim. 2013. Contribution of the Pacific Decadal Oscillation to global mean sea level trends, *Geophys. Res. Lett.*, 40, 5171–5175, doi:10.1002/grl.50950.

- Hamlington, B. D., Strassburg, M. W., Leben, R. R., Han, W., Nerem, R. S., and Kim, K-Y. 2014. Uncovering an anthropogenic sea-level rise signal in the Pacific Ocean, *Nat. Clim. Change*, 4, 782–785, doi:10.1038/nclimate2307
- Hansen, J., Kharecha, P., Sato, M., Masson-Delmotte, V., Ackerman, F., Beerling, D.J., Hearty, P.J., Hoegh-Guldberg, O., Hsu, S.-L., Parmesan, C., Rockstrom, J., Rohling, E.J., Sachs, J., Smith, P., Steffen, K., Van Susteren, L., von Schuckmann, K., Zachos, J.C., 2013. Assessing “Dangerous Climate Change”: Required Reduction of Carbon Emissions to Protect Young People, Future Generations and Nature. *PLoS ONE* 8, e81648. doi:10.1371/journal.pone.0081648
- Hantoro, wahyoe. 2004. Pengaruh Karakteristik Laut dan Pantai terhadap Perkembangan Kawasan Kota Pantai. <http://sim.nilim.go.jp/GE/SEMI3/PROSIDING/01-WAHYU.doc>. Di akses tanggal 23 September 2011.
- Hapke, C.J., Kratzmann, M.G., Himmelstoss, E.A., 2013. Geomorphic and human influence on large-scale coastal change. *Geomorphology*, 199, 160-170.
- Hariyadi. 2011. Analisis Perubahan Garis Pantai selama 10 Tahun Menggunakan CEDAS (Coastal Engineering Design and Analysis System) di Perairan Teluk Awur pada Skenario Penambahan Bangunan Pelindung Pantai. *Buletin Oseanografi Marina* Oktober 2011. vol.1 82 – 94
- Harmel, R.D., Richardson, C.W., Hanson, C.L., and Johnson, G.L., 2002. Evaluating The Adequacy Of Simulating Maximum And Minimum Daily Air Temperature With The Normal Distribution. *J. Applied Meteor.*, 41: 744-753.
- Haryono dan Narni, S., 2004, Pengaruh Kenaikan Muka Air Laut dan Penurunan Permukaan Tanah terhadap Fenomena Banjir di Sepanjang Kawasan Pesisir Jakarta, *Media Teknik*, 4(4): hal. 28-35.
- Hawkes, P., Surendran, S., Richardson, D., 2003. Use of UKCIP02 climate-change scenarios in flood and coastal defence. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management* 17, 214–219.
- Hegerl, G.C., Crowley, T.J., Hyde, W.T., Frame, D.J., 2006. Climate sensitivity constrained by temperature reconstructions over the past seven centuries. *Nature* 440, 1029–1032. doi:10.1038/nature04679
- Hennecke, W. G. and Cowell, P. J. (2000). GIS modeling of impacts of an accelerated rate of sea-level rise on coastal inlets and deeply embayed shorelines. *Environmental Geosciences* 7(3), pp. 137–148.
- Hennecke, W. G., Greeve, C. A., and Colwell, P. J., 2004, GIS-Based Behaviour Coastal Modelling and Simulation of Potential Land Property loss: Implication of Sea Level Rise at Callgrove/Narabeen Beach, Sydney – Australia, *Coastal Management*, 32:449-480. Taylor & Francis Inc. 2004
- Hobbs, P.R., G.P. Hettel, R.K. Singh, R.P. Singh, L.W. Harrington, V.P. Singh, K.G. Pillai (Eds.), 1992. Rice-Wheat Cropping Systems in Faizabad District of Uttar Pradesh, India: Exploratory Surveys of Farmers’ Practices and Problems and Needs for Further Research, CIMMYT, D.F., Mexico
- Hoegh-Guldberg, O., Hoegh-Guldberg, H., Veron, J.E.N., et al., 2009. The Coral Triangle and Climate Change: Ecosystems, People and Societies at Risk. WWF Australia, Brisbane.
- Hopley, D. and Suharsono, 2000. Eds. The Status of Coral Reefs in Eastern Indonesia, Townsville, Australia: Global Coral Reef Monitoring Network
- Houser, C., Mathew, S., 2011. Alongshore variation in foredune height in response to transport potential and sediment supply: South Padre Island, Texas. *Geomorphology*, 125, 6272
- Hulme M, Wigley T, Barrow E, Raper S, Cantella A, Smith S, Chinpanshi A. 2000. Using a Climate Scenario Generator for Vulnerability and Adaptation

- Assessments: MAGICC and CENGEN, version 2.4 Workbook. Climatic Research Unit, Norwich, United Kingdom
- Hydrographer of the Navy, 1969. Tides and tidal streams, Admiralty of Hydrographic
- Inman, D.L., Dolan, R., 1989. The outer banks of North-Carolina — budget of sediment and inlet dynamics along a migrating barrier system. *Journal of Coastal Research* 5 (2):193–237.
- IPCC CZMS, 1990. Change, I.P.O.C. Strategies for adaption to sea level rise. Rep. Coast. Zone Manag. Subgr. Rep. IPCC Work. Group III Rijkswaterstaat Neth. 122p
- IPCC, 2000. IPCC Special Report on Emission Scenarios, Summary for Policymakers. <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-en.pdf>
- IPCC, 2001<sup>a</sup>. Emission Scenario: Summary for Policymakers, A Special Report of IPCC Working Group III
- IPCC, 2001<sup>a</sup>. Emission Scenario: Summary for Policymakers, A Special Report of IPCC Working Group III
- IPCC, 2001<sup>b</sup>. Climate change 2001: Impacts, Adaptation And Vulnerability. Contribution Of Working Group II to The Third Assessment Report Of The Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.
- IPCC, 2007<sup>a</sup>. Climate change 2007: Impacts, Adaptation And Vulnerability. Contribution Of Working Group II to The Fourth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 pp.
- IPCC CZMS, 1990
- IPCC, 2007<sup>b</sup>. Climate change 2007: Synthesis Report. Contributions Of Working Groups I, II And III to The Fourth Assessment Report of The Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 104
- IPCC, 2007<sup>c</sup>. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group 1 to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (eds. S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M.C. Marquis, K. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller). Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge and New York
- IPCC-TGICA, 2007. General Guidelines On The Use Of Scenario Data For Climate Impact And Adaptation Assessment. Version 2. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment. pp. 66
- IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution Of Working Group I To The Fifth Assessment Report Of The Intergovernmental Panel On Climate Change.
- IPCC. 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. R.K. Core Writing Team, L.A. Pachauri, Meyer (Eds.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, p. 151
- Irwani., S. dan Susandi, A., 2009. Perkembangan Energi Di Indonesia Sebagai Dampak Kebijakan Iklim Global, (online) [http://armisusandi.com/articles/working\\_paper/](http://armisusandi.com/articles/working_paper/) diakses 12 Oktober 2012
- Jabaloy-Sánchez, A., Lobo, F.J., Azor, A., Martín-Rosales, W., Pérez-Peña, J.V., Bárcenas, P., Macías, J.M., Fernández-Salas, L.M, and Vázquez-Vílchez, M., 2014. Six thousand years of coastline evolution in the Guadalfeo deltaic system (southern Iberian Peninsula). *Geomorphology* Vol. 206, 374 – 391.
- Johnson, G.L., Hanson, S.P., Hardegree, S.P., and Ballard. E.B., 1996. Stochastic Weather Simulation: Overview and analysis of two commonly used models. *J. Appl. Meteor.*, 35, pp. 1878-1896.
- Joubert , A.R.; Leiman, A.; De Klerk, H.M.; Katua, S. And Aggenbach , J.C., 1997. Fynbos (fine bush) vegetation and the supply of water: a comparison of multi-



- criteria decision analysis and cost-benefit analysis. *Ecological Economics* , 22, 123-140.
- Kaimuddin, 2000, Kajian Dampak Perubahan Iklim dan Tata Guna Lahan Terhadap Keseimbangan Air Wilayah Sulawesi Selatan. Disertasi Program Studi AGK-FPS IPB, Bogor.
- Kainuma M, Matsuoka Y, Morita T .2001. CO2 emission forecast in Japan by AIM/end-use model. *OPSEARCH*, 38(1):109-125
- Kainuma, M., Matsuoka, Y., Hibino, G., Shimada, K., Ishii, H., Matsui, S., Morita, T., 2003. Application of AIM/Enduse model to Japan, in: *Climate Policy Assessment*. Springer, pp. 155–176.
- Kalay, D.E., 2009. Perubahan Garis Pantai di Sepanjang Pesisir Pantai Indramayu [Tesis]. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Kapsimalis, V., Pavlakis, P., Poulos, S.E., Alexandri, S., Tziavos, C., Sioulas, A., Filippas, D., Lyskousis, V., 2005. Internal structure and evolution of the Late Quaternary sequence in a shallow embayment: the Amvrakikos Gulf, NW Greece. *Mar. Geol.* 222–223, 399–418.
- Kementerian Lingkungan Hidup (2013), Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Nasional: Buku 2Volume I-IV, Metodologi Penghitungan Tingkat Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Pengadaan dan Penggunaan Energi
- Klein, R.J.T., Nicholls, R.J., Ragoonaden, S., Capobianco, M., Aston, J., Buckley, E.N., 2001. Technological options for adaptation to climate change in coastal zones. *Journal of Coastal Research* 17,531–543.
- Kont, A., Jaagus, J., and Aunap, R., 2003. Climate Change Scenarios And The Effect Of Sea-Level Rise For Estonia, Global and Planetary **Change**, Volume 36, Issues 1–2, March 2003, pp 1-15. (online) <http://www.sciencedirect.com/>
- Kurdi, Zubaidah, S., Yudhakersa, W. S., dan Devi, 2000. Indikasi Kenaikan Muka Air Laut Pada Kota Pantai di Kotamadya Makasar. *Proceeding- Studi Dampak Timbal Balik Antar Pembangunan Kota dan perumahan di Indonesia dan Lingkungan Global*, hal. 90 – 115
- Kurniawan, E., Tjasyono B., dan Ratag, M.A., 2008. Perbandingan Skenario Perubahan Iklim Untuk Wilayah Indonesia. *Proceedings Agriculture Meteorology Symposium VII. PERHIMPI*
- Kusnanto, Hari. 2011. *Adaptasi Terhadap Perubahan Iklim*. Yogyakarta: BPFE. Yogyakarta.
- Kustanti A. 2011 *Manajemen Hutan Mangrove*. Bogor(ID).PT. Penerbit Institut Pertanian Bogor
- Lazar, B., Smith, J., Williams, M., 2006. Estimating Changes In Climate And Snow Quantity At The Aspen Ski Area For The Years 2030 And 2100. *Proceedings of the 74th Western Snow Conference*, Las Cruces, New Mexico, April 17–20.
- Le Cozannet, G., et al., 2013. Exploring the relation between sea level rise and shoreline erosion using sea level reconstructions: an example in French Polynesia. *Journal of Coastal Research* 65:2137–2142.
- Ledoux, L., Cornell, S., O’Riordan, T., Harvey, R., Banyard, L., 2005. Towards sustainable flood and coastal management: identifying drivers of, and obstacles to, managed realignment. *Land Use Policy* 22, 129–144.
- Luu, Q.H., Tkalic, P., Tay, T.W., 2015. Sea level trend and variability around Peninsular Malaysia. *Ocean Sci.* 11, 617–628. doi:10.5194/os-11-617-2015
- Mageswaran, T., Mohan, R.V., Selvan, C.S., Arumugam, T., Usha, T., Kankara, R.S., 2015. Assessment of shoreline changes along Nagapattinam coast using geospatial techniques. *Int. J. Geomat. Geosci.* 5, 555.
- Mahmud, 2004. Skenario Perubahan Variabilitas Iklim Indonesia. *Prosiding Seminar Nasional Pemanasan Global dan Perubahan Global . Fakta, Mitigasi, dan*

- Matsuoka, Y., Morita, T., Kainuma, M., 2001. Integrated assessment model of climate change: the AIM approach. *Present Future Model. Glob. Environ. Change Integr. Model.* 339–361.
- McKague, K., 2003. *Clim Gen- A ZGnvenient weather Genera Tion Tool for Canadian climate stations*, proceeding of CCAE/SCGR 2003 Meeting, Montreal, Canada.
- Messner, Frank and Volker Meyer. 2005. Flood damage, vulnerability and risk erception – challenges for flood damage research In: J. Schanze, E. Zeman and J.Marsalek (eds.): *Flood Risk Management: Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures* (pp. 149-167) Nato Science Series, Springer Publisher
- Metz, B, Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., and Meyer L.A. (eds), 2007: IPCC, 2007: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- Miller, A.I., Suppiah, S., Duffey, R.B., 2006. Climate change gains more from nuclear substitution than from conservation. *Nucl. Eng. Des.* 236, 1657–1667. doi:10.1016/j.nucengdes.2006.04.007
- Miyasyiwi, Seztifa dan Prasetya, Hendra. 2011. *Penanggulangan Abrasi, Erosi, Dan Tsunami dengan Optimalisasi Vegetasi Dan Kontrol Biologis*. Bogor: Jurnal Institut Pertanian Bogor
- Montreuil, A.L, and Bullard, J.E., 2012. A 150-year record of coastline dynamics within a sediment cell: Eastern England. *Geomorphology*, 179, 168-185.
- Morton, R.A., 2002, Factors controlling storm impacts on coastal barriers and beaches-A preliminary basis For real-time forecast-ing. *Journal of Coastal Research*, 18, 486-501.
- Mukono, H.J. 2005. Kedudukan AMDAL dalam Pembangunan Berwawasan Lingkungan yang Berkelanjutan. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* Vol. 02 Juli.
- Murali , R.M., M. Ankita, M., Amrita, S. and Vethamony, P., 2013. Coastal vulnerability assessment of Puducherry coast, India, using the analytical hierarchical process. *Natural. Hazards and Earth System Science*, 13:3291–3311
- Myatt, L.B., Scrimshaw, M.D., Lester, J.N., 2003. Public perceptions and attitudes towards a current managed realignment scheme: Brancaster West Marsh, North Norfolk, UK. *Journal of Coastal Research* 19, 278–286.
- Nakicenovic, N. et al (2000). *Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 599 pp. Available online at: <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>
- Natesan, U., Parthasarathy, A., Vishnunath, R., Kumar, G.E.J., Ferrer, V.A., 2015. Monitoring Longterm Shoreline Changes along Tamil Nadu, India Using Geospatial Techniques. *Aquat. Procedia* 4, 325–332. doi:10.1016/j.aqpro.2015.02.044
- Nicholls R J, Hanson S E, Lowe J A, Warrick R A, Lu X and Long A J 2014 Sea - level scenarios for evaluating coastal impacts *WIREs Clim. Change* 5 129–50
- Nicholls, R. J., 2003. Case study on sea-level rise impacts, Working Party On Global And Structural Policies, OECD Workshop on the Benefits of Climate Policy: Improving Information for Policy Makers, Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), France
- Nicholls, R.J. and Mimura, N., 1998. Regional Issues Raised By Sea-Level Rise And Their Policy Implications. *Climate Research*, 11, 5-18.
- Nicholls, R.J., and R.J.T. Klein. 2005. Climate change and coastal management on Europe's coast. Pp. 199–226 in *Managing European Coasts: Past, Present and*

- Future*. J.E. Vermaat, L. Ledoux, K. Turner, W. Salomons, and L. Bouwer, eds, Environmental Science Monograph Series, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- Nicholls, R.J., Wong, P.P., and Burkett, V.R., 2007. Coastal Systems And Low-Lying Areas. In: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 315–356.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration). 2015. Laboratory for Satellite Altimetry: Sea level rise. Accessed June 2015. [www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lisa/SeaLevelRise/LSA\\_SLR\\_timeseries\\_global.php](http://www.star.nesdis.noaa.gov/sod/lisa/SeaLevelRise/LSA_SLR_timeseries_global.php)
- Nontji, Anugerah., 2005. *Laut Nusantara*. Cetakan Keempat. Djambatan. Jakarta.
- Nurmohamed, R., Naipal, S., 2006. Development of scenarios for future climate change in Suriname. Rev. Acta Nova 3.
- Nybakken, J.W. 1992. Biologi Laut Suatu Pendekatan Ekologis. Alih bahasa oleh M. Eidman., Koesoebiono., D.G. Bengen., M. Hutomo., S. Sukardjo. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta, Indonesia.
- Olson, D.L., Mechitov, A.I., Moshkovich, H.M., 2000. Multicriteria decision aid techniques: some experimental conclusions. Research and Practice in Multiple Criteria Decision-making 487, 357–368.
- Ongkosono dan Suyarso. 1989. Asean-Australia Cooperativr Programs on Marine Science Project Tides and Tidal Phenomena: Pasang Surut. Jakarta: Lembaga Ilmu
- Onrizal. (2002). Evaluasi Kerusakan Kawasan Mangrove dan Alternatif Rehabilitasinya di Jawa Barat dan Banten . Univesitas Sumantra Utara : Perpustakaan Online Vorosmarty *et al.*, 2003
- Oyedotun, T.D.T., 2014. Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis British Society for Geomorphology Geomorphological Techniques, Chap. 3, Sec. 2.2
- Ozyurt ,G., 2007. Vulnerability of Coastal Areas to Sea Level Rise: A Case Study on Göksu Delta. Ankara, Turkey: Middle East Technical University, Master's thesis, 99p.
- Ozyurt G., Ergin A. and Esen M., 2008. Indicator based coastal vulnerability assessment model to sea level rise. Paper presented at the Seventh International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries COPEDEC VII —Best Practices in the Coastal Environment”, 24-28 February 2008, Dubai, UAE.
- Pamela A. Abuodha. O., and Woodroffe, C.D. 2010. Assessing vulnerability to sea-level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia. *Journal of Coastal Conservation* Vol. 14, No. 3: 189-205
- Pariwono, I., John, 1989. Makalah : Gaya Penggerak Pasang Surut, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanologi, Jakarta.
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J. and Hanson, C.E. , (eds) , 2007: IPCC,2007: Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976pp.
- Patt, A.,R. Varela, I. Nhantumbo and L. Bizikova (2010) The Social Dimensions of Adaptation to Climate Change in Mozambique , The World Bank, Washington DC.
- PDAM, 2015. Data Sumber Air di Kabupaten Tuban. PDAM Tuban
- Pendleton E. A., E. R.Thieler, dan S. J. Williams . 2005. Coastal Vulnerability Assessment of Gateway National Recreation Area (GATE) to Sea-Level Rise. U.S. Geological Survey. Virginia, USA

- Perrette M, Landerer F, Riva R, Frieler K, Meinshausen M (2013) A scaling approach to project regional sea level rise and its uncertainties. *Earth System Dynamics* 4(1):11–29.
- Priambodo, B. B., 2009. Preserve or Perish: A Scenario Analysis on the Future of Small-Scale Fishery in Jakarta Bay (online), University of Maastricht <http://arno.unimaas.nl/show.cgi?fid=18865> diakses 12 Oktober 2012
- Ranasinghe, R., Callaghan, D., Stive, M.J.F., 2012. Estimating coastal recession due to sea level rise: beyond the Bruun rule. *Clim. Change* 110, 561–574. doi:10.1007/s10584-011-0107-8
- Regan H.M., Colyvan M., Markovchick-Nichols L, 2006 , A formal model for consensus and negotiation in environmental management, *Journal of Environmental Management*, 80, 167-176
- Restrepo A.J.D., 2012. Assessing the effect of sea-level and human activities on a major delta on the Pacific coast of northern South America: The Patía River. *Geomorphology*, 151/152, 207223.
- Rio, L.D., Gracia, J.F., Benavente, J., 2013. Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology*, 196, 252-266.
- Rollason, V., Patterson, D., and Huxley, C., 2010. Assessing Shoreline Response To Sea Level Rise: An Alternative To The Bruun Rule. *Proceeding in 19th NSW Coastal Conference 2010*: 1-20
- Rosati, J.D., Dean R.G., and Walton, T.L., 2013. The modified Bruun Rule extended for landward transport. *Marine Geology* 340: 71–81
- Roshan, Gh. R. and Grab, S.W., 2012. Regional Climate Change Scenarios And Their Impacts On Water Requirements For Wheat Production In Iran. *International Journal Of Plant Production* 6 (2), April 2012. ISSN: 1735-6814 (Print), 1735-8043 (Online) [http://journals.gau.ac.ir:8080/jm/Programs/JurnalMgr/VolumArticle/EN\\_210\\_7.pdf](http://journals.gau.ac.ir:8080/jm/Programs/JurnalMgr/VolumArticle/EN_210_7.pdf) diakses 12 Oktober 2012
- Roshan, Gh. R., Khoshakh L. F., Azizi, Gh., and Mohammadi, H., **2011**, Simulation Of Temperature Changes In Iran Under The Atmosphere Carbon Dioxide Duplication Condition, *Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng.*, Vol.8, No. 2, pp.139-152. (Online) <http://ijehse.tums.ac.ir/index.php/ijehse/article/download/298/297> diakses 12 Oktober 2012
- Rositasari, R., Setiawan, W. B., Supriadi, I. H., Hasanuddin, dan Prayuda, B., 2011. Kajian dan Prediksi Kerentanan Pesisir Terhadap Perubahan Iklim: Studi Kasus di Pesisir Cirebon, *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 3, No. 1, Hal. 52-64, Juni 2011
- Rositasari, R., Suyarso, Suratno, dan Prayuda, B., 2010. Kerentanan Pesisir Cirebon Terhadap Perubahan Iklim. *Jurnal Oseanologi dan Limnologi di Indonesia* 36 (3): hal. 377-392
- Roy, K., Rahman, M., Kumar, U., 2009. Future climate change and moisture stress: impact on crop agriculture in South-Western Bangladesh. *Sci. Brief. Ser. Unna. Onneshan Dhaka Bangladesh*.
- Sarah, D. dan Tohari, A., 2009. Pemodelan Perubahan Iklim Daerah Kabupaten Sukabumi Menggunakan MAGICC/SCENGEN. *Prosiding Pemaparan Hasil Penelitian Puslit Geoteknologi-LIPI . Bandung* 3 Desember 2009
- Schlesinger, M.E., Malyshev, S., 2001. Changes in near-surface temperature and sea level for the Post-SRES CO<sub>2</sub>-stabilization scenarios. *Integr. Assess.* 2, 95–110.
- Setyandito, O., dan Triyanto, J., 2007. Analisa Erosi dan Perubahan Garis Pantai Pada Pantai Pasir Buatan Dan Sekitarnya Di Takisung, Propinsi Kalimantan Selatan *Jurnal Teknik Sipil*, Volume 7 No. 3, Juni 2007 : hal 224 – 235
- Shearman, P., Bryan, J., Walsh, J.P., 2013. Trends in Deltaic Change over Three Decades in the Asia-Pacific Region. *Journal of Coastal Research* 29 (5): 1169–1183.

- Shepherd, A., D. Wingham, and E. Rignot. 2004. Warm ocean is eroding West Antarctic Ice Sheet. *Geophysical Research Letters* 31:L23402, doi:10.1029/2004GL021106.
- Shitadewi, A., dan. Susandi, A., 2009. Proyeksi SO<sub>2</sub> di Indonesia Sebagai Implikasi Perubahan Iklim Global: Dampak dan Biaya Kesehatan (online) [http://armisusandi.com/articles/working\\_paper/](http://armisusandi.com/articles/working_paper/) diakses 12 Oktober 2012
- Slangen, A. B. A., Katsman, C. A., Wal, R. S. W., Vermeersen, L. L.A., and Riva, R. E. M.. 2011. Towards regional projections of twenty-first century sea-level change based on IPCC SRES scenarios, *Clim. Dynam.*, 38, 1191–1209, doi:10.1007/s00382-011-1057-6.
- Smit, B., Burton, I., Klein, R.J.T., Street, R., 1999. The science of adaptation: a framework for assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 4, 199–213.
- SOPAC (South of Pacific Islands Applied Geoscience Commission). 2005. Environmental Vulnerability Index: EVI: Description of Indicators. UNEP-SOPAC.
- Stammer, D., Cazenave, A., Ponte, R. M., and Tamisiea, M. E. 2013. Causes for contemporary regional sea level changes, *Annu. Rev. Mar. Sci.*, 5, 21–46, doi:10.1146/annurev-marine-121211172406
- Strassburg, M.W., Hamlington, B.D., Leben, R.R., Manurung, P., Lumban Gaol, J., Nababan, B., Vignudelli, S., Kim, K.-Y., 2015. Sea level trends in Southeast Asian seas. *Clim. Past* 11, 743–750. doi:10.5194/cp-11-743-2015
- Sucahyono, Dedi dan Aldrian. 2012. Sucahyono dan Aldrian. 2012. Perubahan Iklim. Dalam *Perubahan Iklim: Upaya Peningkatan Pengetahuan dan Adaptasi Petani dan Nelayan Melalui Radio*, Hidayati dan Aldrian (ed.). Bogor: PT Sarana Komunikasi Utama bekerja sama dengan LIPI, BMKG, dan ICCTF.
- Sugiyama, M., Nicholls, R.J., Vafeidis, A., 2008. Estimating the economic cost of sea-level rise. MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change.
- Sukarningsih.N.2007. Kajian Tingkat Kerentanan Pantai Terhadap Arus dan Gelombang Berdasarkan Citra Satelit dan SIG di Teluk Banten. *Jurnal Program Studi Ilmu Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor:Bogor*(Diakses pada 2 Desembar 2013)
- Sulaiman, A., 2011. Dampak Negatif Kerentanan Morfologi Pantai. *Buku Teknologi Adaptasi perubahan Iklim. Deputi Pendayagunaan IPTEK-Ristek dan BPPT*
- Suprijanto I., 2003. Kerentanan Kawasan Tepi Air Terhadap Kenaikan Permukaan Air Laut : Kasus Kawasan Tepi Air Kota Surabaya. *Bidang Permukiman – Puslitbang Permukiman, Departemen Kimpraswil. Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 31, No. 1, Juli 2003: 28-37.*
- Susandi, A. 2009, Integration of Adaptive Planning Across Economic Sector, Presented at the NWP Technical Workshop On Integration of Approaches to Adaptation Planning 12-14 October 2009, Thailand.
- Susandi, A., 2006<sup>a</sup>. Bencana Perubahan Iklim Global dan Proyeksi Perubahan Iklim Indonesia. Institut Teknologi Bandung. Bandung
- Susandi, A., 2006<sup>b</sup>. Projection Of Climate Change Over Indonesia Using MAGICC/SCENGEN, poster section in of the International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, Indonesia, November 29-30, 2006.
- Susandi, A., 2007. Climate Change Impact and Adaptation to Coastal and Small Island. LEAD International Training Session. ITB, Bandung.
- Susandi, A., Firdaus, Y., dan Herlianti,I., 2008<sup>a</sup>. Impact of Climate Change on Indonesian Sea Level Rise with Referente to It's Socioeconomic Impact. EEPSEA Climate Change Conference, Bali.

- Susandi, A., Herlianti, I., dan Tamamadin, M., 2008<sup>b</sup>. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ketinggian Muka Laut di Wilayah Banjarmasin, *Jurnal Ekonomi Lingkungan* Vol 12, No 2/2008
- Sutrisno, D., Sutrisno, Pariwono, Rais, J., dan Kusumastanto, T., 2005. Dampak Kenaikan Muka Laut Pada Pengelolaan Delta: Studi Kasus Penggunaan Lahan Tambak Di Pulau Muaraulu Delta Mahakam, <http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/assets/News/Artikel-pdf>
- Szlafstein, C. F., 2005. Climate Change, Sea Level Rise and Coastal Natural Hazards: GIS-based Vulnerability Assessment State of Para, Brazil, International Workshop on Climate Change and Human Security (Oslo, Norway), pp. 1-31
- Tarigan, S., 2007. Perubahan Garis Pantai Di Wilayah Pesisir Perairan Cisadane, Provinsi Banten Makara, *Sains*, Vol. 11, No. 1, April 2007: 49-55 Thacher *et al.* (2013)
- Thatcher, C.A.; Brock J.C., and Pendleton, E.A., 2013. Economic vulnerability to sea-level rise along the northern U.S. Gulf coast. In : Brock, J.C.; Barras, J.A., and Williams, S.J. (eds.), *Understanding and Predicting Change in the Coastal Ecosystems of the Northern Gulf of Mexico*, *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 63: 234–243
- Thieler, E.R., Pilkey, O.H., Young, R.S., Bush, D.M., Chai, F., 2000. The Use of Mathematical Models to Predict Beach Behavior for U.S. Coastal Engineering: A Critical Review. *J. Coast. Res.* 16, 48–70.
- Thieler, E.R., and Hammar-Klose, E.S., 2000. National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise: U.S. Pacific Coast. U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-178, <http://pubs.usgs.gov/of/2000/of00-178/> (diakses 3 Maret 2015)
- Thoeun, H. C., 2015. Observed and projected changes in temperature and rainfall in Cambodia. *Weather and Climate Extremes* 7: 61-71
- Tompkins, E.L., Roger Few and Katrina Brown. 2008. Scenario-based stakeholder engagement: Incorporating stakeholders preferences into coastal planning for climate change *Journal of Environmental Management* 88 (2008) 1580–1592
- Treby, E.J., Clark, M.J., 2004. Refining a practical approach to participatory decision-making: an example from coastal zone management. *Coastal Management* 32, 353–372.
- Triatmodjo, B., 1999 *Teknik Pantai*. Beta Offset. Jogjakarta, 1999.
- UNDP, 2007. Sisi lain perubahan iklim Mengapa Indonesia harus beradaptasi untuk melindungi rakyat miskinnya, United Nations Development Programme Indonesia
- UNEP, 2008. Disaster Risk Management For Coastal Tourism Destinations Responding To Climate Change A Practical Guide For Decision Makers. International Strategy for Disaster Reduction.
- Urrutia, Rocio B., 2008. Assessment of 21st Century Climate Change Projections in Tropical South America and the Tropical Andes" (2008). Masters Theses 1911 - February 2014. Paper 211. <http://scholarworks.umass.edu/theses/211>
- USGCRP, Inter-agency Collaboration (2014). "Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment" (PDF). *National Climate Assessment*. 3rd Assessment: pg. 45. Retrieved 12 December 2015.
- Vörösmarty, C. J., Meybeck, M., Fekete, B., Sharma, K., Green, P. & Syvitski, J. (2003) Anthropogenic sediment retention: major global impact from registered river impoundments. *Global Planet. Change* 39, 169–190.
- Vuuren D, Edmonds J, Kainuma M, Thomson A, Hibbard K, George C. 2011. The representative Concentration Pathways: An Overview. *Climatic Change*, 109 (1-2), 5-31.

- Watson, C.W. et al. (2015) Unabated global mean sea level rise over the satellite altimeter era, *Nature Climate Change*, doi:10.1038/nclimate2635
- Webb, A.P., Kench, P.S., 2010. The dynamic response of reef islands to sea-level rise: evidence from multi-decadal analysis of island change in the Central Pacific. *Global Planet Change* 72 (3): 234–246.
- Wibowo. T. T., 1996. Dampak Perubahan Iklim Terhadap Ekosistem Alami. Wacana No. 3/Juli-Agustus 1996.
- Widyantoro, B., 2014, Bidang Jaring Kontrol Gayaberat dan Pasang Surut, PJKGG, BIG, *Komunikasi Pribadi* pada bulan Januari 2014.
- Wigley, T.M.L and S.C.B.Raper 2005. In *Climate and Sea Level Change: Observations, Projections and Implications*, R.A. Warrick, E. M. Barrow, T. M. L. Wigley, Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, pp. 111–133.
- Wilby, R. L., Dawson, C. W., and Barrow, E. M., 2002. SDSM- A Decision Support Tool For The Assessment Of Regional Climate Change Impacts. *Journal of Environmental Modeling and Software* 17, 147-159.
- Wirasatria, A., 2005. Kajian Kenaikan Muka Laut sebagai Landasan Penanggulangan ROB di Pesisir Kota Semarang. Thesis Program pasca Sarjana Universitas Diponegoro. Semarang
- Woodroffe, C. D. 2002. Coasts - Form, process and evolution. Cambridge University Press, Cambridge, UK. *Geomorphology*, 48:269-287
- World Bank Report, 2007. Executive Summary :Indonesia and Climate Change, Working paper on Current Status and Policies. PT Pelangi Energi Abadi Citra Enviro (PEACE)
- World Bank, 2011. The World Bank Annual Report 2011 Year In Review. [http://Siteresources.Worldbank.Org/Extannrep2011/Resources/8070616-1315496634380/Wbar11\\_Yearinreview.Pdf](http://Siteresources.Worldbank.Org/Extannrep2011/Resources/8070616-1315496634380/Wbar11_Yearinreview.Pdf)
- Wullur, F. F., V. Florence. Longdong dan M. Wasak. 2013. Eksistensi Petani Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) di Desa Warukapas Kabupaten Minahasa Utara Provinsi Sulawesi Utara. *Jurnal Ilmiah Akulturasi*. 1(1):110 - 118.
- Yates, M.L., Le Cozannet, G., Garcin, M., Salai, E., Walker, P., 2013. Multidecadal Atoll
- Yoshida, J., Udo, K., Takeda, Y., and Mano, A., 2013. Potential impact of climate change at five Japanese beaches . *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 65:2185-2190
- Yudha, I. G., 2007. Kerusakan Wilayah Pesisir Pantai Timur Lampung. Seminar Lingkungan Hidup daerah Propinsi Lampung. 23-November 2007. Lampung
- Zedillo, E., 2008. Global Warming, Looking Beyond Kyoto, Center for the Study of Globalization, Yale University. Brookings Institution Press. Washington, D.C.
- Zeidler, R. B., 1997. Continental Shorelines: Climate Change and Integrated Coastal Management', *Ocean Coastal Manage.* 37 (1), pp. 41–62
- Zhang, K.Q., Douglas, B.C., Leatherman, S.P., 2004. Global warming and coastal erosion. *Climate Change* 64 (1–2): 41-58



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## Biografi Penulis

Nama : Marita Ika Joesidawati  
Tempat dan Tanggal Lahir : Surabaya, 7 Maret 1971  
Pekerjaan : Dosen Swasta  
Pangkat/Golongan : III C  
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala  
Masa Kerja : 22 th  
Alamat Kantor : Jln Manunggal 61 Tuban  
Alamat Rumah : Jln Delima gang Jambe no 6A Perbon Tuban



### A. Riwayat Pendidikan

1. SDN Dandangan III Kediri Lulus 1983
2. SMPN II Kediri Lulus 1986
3. SMAN II Kediri Lulus 1989
4. S1 Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro September 1989 – Maret 1994
5. S2 Program Studi Pasca Sarjana Manajemen Pantai Universitas Diponegoro September 2002 – 27 Desember 2004

### B. Riwayat Pekerjaan

No	Pengalaman Pekerjaan	Tahun Bekerja
1	Tehnisi Tambak Udang di Malang Selatan	1994-1996
2	Dosen di Akademi Perikanan	1996 – 2007
3	Direktur Akademi Perikanan	1999 – 2007
4	Dosen di Universitas PGRI Ronggolawe	2007 – sekarang
5	Pembantu Rektor I Universitas PGRI Ronggolawe	2007 - 2015

### C. Publikasi Ilmiah Selama Studi Doktor

Jurnal International

1. M.I Joesidawati, Suntoyo, 2016. Shoreline Change in Tuban district, East Java using Geospatial and Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Techniques. International Journal of Oceans and Oceanography. Volume 10, Number 2 (2016), pp. 235-246  
[http://www.ripublication.com/ijoo16/ijoo16n2\\_13.pdf](http://www.ripublication.com/ijoo16/ijoo16n2_13.pdf)
2. M. I. Joesidawati, Suntoyo. 2017. Shoreline Changes in Tuban District in East Java Caused by Sea Level Rise Using Bruun Rule and Hennecke Methods. Applied Mechanics and Materials. Ocean Science and Coastal Engineering Vol. 862, pp. 34-40.  
<http://www.ttp.net/978-3-0357-1091-5/toc.html>
3. M. I. Joesidawati, Suntoyo, Wahyudi, K. Sambodho, 2017. Sea Level Rise on Tuban Coast in East Java and its Consistency with MAGICC/SCENGEN Prediction. Applied Mechanics and Materials. Vol. 862, pp. 83-89  
<http://www.ttp.net/978-3-0357-1091-5/2.html>